



**Grupo Intergubernamental de Expertos
sobre el Cambio Climático**



Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero

Volumen 4

Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra

Editado por Simon Eggleston, Leandro Buendia,
Kyoko Miwa, Todd Ngara y Kiyoto Tanabe



Programa de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero del IPCC

Informe confeccionado por el Equipo de tareas sobre los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (TFI, del inglés, *Task Force on National Greenhouse Gas Inventories*) del IPCC y aceptado por el Grupo de expertos pero no aprobado en detalle

Si bien se considera que la información contenida en el presente informe del IPCC es correcta a la fecha de impresión, ni los autores ni los editores asumen responsabilidad alguna en caso de existir errores u omisiones. Asimismo, ni los autores ni los editores se responsabilizan por la inexistencia de algunas direcciones URL mencionadas en el presente informe, ni garantizan que el contenido de dichos sitios Web sea o se mantenga exacto o correcto.

Publicado por el Instituto para las Estrategias Ambientales Globales (IGES, del inglés, *Institute for Global Environmental Strategies*), Hayama, Japón, en nombre del IPCC

© Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), 2006.

La cita de las directrices como referencia debe ser la siguiente:

IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (eds). Publicado por: IGES, Japón.

Programa de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero del IPCC
Dependencia de Apoyo Técnico

% Instituto para las Estrategias Ambientales Globales (IGES)
2108 -11, Kamiyamaguchi
Hayama, Kanagawa
JAPÓN, 240-0115

Fax: (81 46) 855 3808
<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp>

Traducido del inglés por International Translation Agency Ltd (ITA Ltd) - Malta

Impreso en Francia

ISBN 92-9169-320-0

VOLUMEN 4

AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DE LA TIERRA

Autores principales coordinadores

Keith Paustian (Estados Unidos), N.H. Ravindranath (India) y Andre van Amstel (Países Bajos)

Editores de la revisión

Michael Apps (Canadá), Helen Plume (Nueva Zelanda), Bernhard Schlamadinger (Austria)
y Soobaraj Nayroo Sok Appadu (Mauricio)

Índice

Volumen 4 Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra

Parte 1

- Capítulo 1 Introducción
- Capítulo 2 Metodologías genéricas aplicables a múltiples categorías de uso de la tierra
- Capítulo 3 Representación coherente de las tierras
- Capítulo 4 Tierras forestales
- Capítulo 5 Tierras de cultivo
- Capítulo 6 Pastizales
- Capítulo 7 Humedales

Parte 2

- Capítulo 8 Asentamientos
- Capítulo 9 Otras tierras
- Capítulo 10 Emisiones resultantes de la gestión del ganado y del estiércol
- Capítulo 11 Emisiones de N_2O de los suelos gestionados y emisiones de CO_2 derivadas de la aplicación de cal y urea
- Capítulo 12 Productos de madera recolectada
- Anexo 1 Hojas de trabajo
- Anexo 2 Resumen de ecuaciones
- Apéndice 1 Absorción de CO_2 en productos residuales de la combustión (carbón vegetal): Base para su futuro desarrollo metodológico
- Apéndice 2 Enfoque posible para estimar las emisiones de CO_2 provenientes de las tierras convertidas en tierras permanentemente inundadas: Base para su futuro desarrollo metodológico
- Apéndice 3 Emisiones de CH_4 provenientes de tierras inundadas: Base para su futuro desarrollo metodológico

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Autores

Keith Paustian (Estados Unidos), N.H. Ravindranath (India) y Andre van Amstel (Países Bajos)

Michael Gytarsky (Federación Rusa), Werner A. Kurz (Canadá), Stephen Ogle (Estados Unidos), Gary Richards (Australia) y Zoltan Somogyi (Comisión Europea/Hungría)

Índice

1.1	Introducción	1.4
1.2	Perspectiva general de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero en el sector AFOLU	1.6
1.2.1	Fundamento científico.....	1.6
1.2.2	Definiciones de depósitos de carbono y gases no CO ₂	1.9
1.3	Generalidades de la preparación del inventario para el sector AFOLU	1.9
1.3.1	Categorías de uso y gestión de la tierra.....	1.10
1.3.2	Definiciones de niveles para métodos en AFOLU	1.11
1.3.3	Identificación de las categorías principales.....	1.11
1.3.4	Pasos para la preparación de estimaciones de inventario	1.16
1.4	Organización del Volumen 4 de las <i>Directrices del IPCC de 2006</i>	1.16
Anexo 1A	Antecedentes históricos sobre la orientación del IPCC referida al inventario de gases de efecto invernadero para el Sector AFOLU	1.23
Referencias.....		1.25

Figuras

Figura 1.1	Principales fuentes de emisión/absorciones de gases de efecto invernadero y procesos en ecosistemas gestionados.	1.6
Figura 1.2	Árbol de decisiones para la identificación del nivel apropiado para tierras que permanecen en la misma categoría, empleando como ejemplo las Tierras forestales que permanecen como tales.....	1.14
Figura 1.3	Árbol de decisiones para la identificación del nivel apropiado para tierras convertidas en otra categoría de uso de la tierra, empleando como ejemplo las Tierras convertidas en tierras forestales.	1.15
Figura 1.4	Estructura de la declaración para el sector AFOLU	1.19

Cuadros

Cuadro 1.1	Definiciones de los depósitos de carbono utilizados en AFOLU para cada categoría de uso de la tierra.....	1.10
Cuadro 1.2	Categorías de uso de la tierra, depósitos de carbono y gases no CO ₂ a estimar bajo el Nivel 1, su pertenencia respecto de las secciones de AFOLU, y la referencia a las <i>Directrices del IPCC de 1996</i>	1.20

Recuadro

Recuadro 1.1	Marco de la estructura de niveles para métodos AFOLU	1.12

1.1 INTRODUCCIÓN

El volumen 4 brinda orientación para la preparación de los inventarios anuales de gases de efecto invernadero en el Sector de agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU, del inglés,). En este volumen se integra la orientación previa individual incluida en las *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996* para la Agricultura (Capítulo 4) y para Usos de la tierra, cambios de uso de la tierra y silvicultura (Capítulo 5). En esta integración se reconoce que los procesos que subyacen a las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero, así como las diferentes formas de carbono almacenado en tierra, pueden producirse en todos los tipos de tierras. Se reconoce que los cambios de uso de la tierra pueden producirse en todos los tipos de tierras. Con este método, se intenta mejorar la coherencia y la exhaustividad en la estimación y la declaración de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero.

Los principales cambios realizados en las *Directrices del IPCC de 2006*, en comparación con las *Directrices del IPCC de 1996* (en lo que se refiere tanto a Cambios de Uso de la Tierra y Silvicultura como a Agricultura), reflejan lo elaborado en las *Directrices del IPCC de 1996* e incorporado en la Orientación sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (*GPG2000*) y en la (*GPG-LULUCF*). Tales cambios incluyen:

- La adopción de las seis categorías de uso de la tierra que se utilizan en la *GPG-LULUCF* (es decir, tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales, humedales, asentamientos y otras tierras – véase el Capítulo 3). Estas categorías de tierras se subdividen, además, en tierras que se mantienen en la misma categoría y aquellas que se convierten de una categoría a otra. Las categorías de usos de la tierra sirven para permitir la inclusión de toda la superficie de tierra gestionada en un país dado.
- Generación de informes sobre todas las emisiones de las fuentes y las absorciones por sumideros en tierras gestionadas, a las que se considera antropogénicas, mientras que no se declaran las emisiones o absorciones en tierras no gestionadas.
- Elementos adicionales integrados en la declaración de todas las emisiones y absorciones en tierras gestionadas (véase el Cuadro 1.2).
- Métodos genéricos para contabilizar los cambios en las existencias de C de la biomasa, la materia orgánica muerta y del suelo en todas las categorías de tierras y métodos genéricos para cuantificar las emisiones de gases de invernadero resultantes del quemado de biomasa que se puedan aplicar a todas las categorías de uso de la tierra;
- Incorporación de métodos para emisiones no-CO₂ procedentes de tierras gestionadas y del quemado de biomasa, y sistemas de caracterización de la población de ganado y de la gestión del estiércol en la Agricultura (Capítulo 5 de las *Directrices del IPCC de 1996* y *GPG2000*);
- Adopción de tres niveles jerárquicos para los métodos, que abarcan desde factores de emisión por defecto y simples ecuaciones hasta el uso de datos y modelos específicos de cada país para adaptarlos a las circunstancias nacionales;
- Descripción de métodos alternativos para estimar y declarar cambios en las existencias de C relacionados con los productos de madera recolectada;
- Incorporación de análisis de categorías principales para las categorías de usos de la tierra, depósitos de C, y emisiones de gases de efecto invernadero CO₂ y no-CO₂;
- Cumplimiento con los principios de equilibrio de masas al calcular los cambios en las existencias de carbono;
- Mayor coherencia en la clasificación de las áreas terrestres a fin de seleccionar los factores adecuados de emisión y de cambio en las existencias, así como datos de la actividad;
- Mejoras en los factores por defecto de emisiones y cambios en emisiones y existencias, así como el desarrollo de una Base de datos de factores de emisión (EFDB, del inglés *Emission Factor Database*) que se constituya en una herramienta complementaria a las *Directrices del IPCC de 2006*., que aporte factores alternativos de emisión con su respectiva documentación. La EFDB se describe en el Capítulo 2 del Volumen 1.
- Incorporación de métodos para estimar las emisiones de CO₂ de las tierras inundadas con los métodos para las emisiones de CH₄ publicados en el Apéndice 3 (Emisiones de CH₄ de tierras inundadas: Bases para el futuro desarrollo metodológico), que reflejen la limitada disponibilidad de información científica.

El Sector AFOLU tiene ciertas características exclusivas con relación al desarrollo de métodos de inventario. Hay muchos procesos que traen aparejadas emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero que pueden

encontrarse muy dispersos geográficamente y ser muy variables con el tiempo. Los factores que regulan las emisiones y las absorciones pueden ser tanto naturales como antropogénicos (directos e indirectos) y puede resultar difícil distinguir claramente entre los factores causales¹. Aun reconociendo esta complejidad, los métodos de inventario deben ser prácticos y operativos. Las *Directrices del IPCC de 2006* están diseñadas para ayudar en la estimación y generación de informes sobre los inventarios nacionales de emisiones y absorciones antropogénicas de gases de efecto invernadero. Para el Sector AFOLU, las emisiones antropogénicas y absorciones por sumideros de gases de efecto invernadero se definen como aquellas que se producen en «tierras gestionadas». La tierra gestionada es aquella en la que ha habido intervención humana y donde se han aplicado prácticas para la realización de actividades de producción, ecológicas o sociales. Todas las definiciones y clasificaciones de tierras deberán especificarse a nivel nacional, describirse de manera transparente y aplicarse de forma coherente a lo largo del tiempo. No es necesario declarar las emisiones/absorciones de gases de efecto invernadero en tierras no gestionadas. No obstante, es una *buena práctica* que los países cuantifiquen, y efectúen un seguimiento con el tiempo, de la superficie de tierras no gestionadas, de manera que se pueda mantener la coherencia en la contabilidad de la superficie a medida que se producen cambios de uso de la tierra.

Este método, es decir, el uso de la tierra gestionada como representación de los efectos antropogénicos fue adoptado por la GPG-LULUCF y ese uso se mantiene en estas directrices. La lógica clave de este método está en el hecho de que la enorme mayoría de los efectos antropogénicos se produce en tierras gestionadas. Por definición, todos los efectos directos inducidos por el hombre en las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero ocurren solamente en tierras gestionadas. Aunque está aceptado que no hay ninguna zona en la superficie de la Tierra totalmente libre de la influencia humana (p. ej. fertilización con CO₂), muchas de las influencias humanas indirectas sobre los gases de efecto invernadero (p. ej. mayor deposición de N, incendios accidentales) se van a manifestar, predominantemente, en tierras gestionadas, donde están concentradas las actividades humanas. Por último, la variabilidad local y a corto plazo de las emisiones y absorciones debidas a causas naturales puede ser sustancial (p. ej. emisiones por incendios, véase la nota al pie 1), el «fondo» natural de las emisiones y absorciones por sumideros de gases de efecto invernadero tiende a promediarse con el tiempo y en el espacio. Esto hace que las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero de tierras gestionadas constituyan el resultado dominante de la actividad humana.

Actualmente, la orientación y los métodos para estimar las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero para el Sector AFOLU incluyen:

- Las emisiones y absorciones de CO₂ resultantes de los cambios en las existencias de carbono en la biomasa, materia orgánica muerta y suelos minerales, para todas las tierras gestionadas;
- Las emisiones de CO₂ y no-CO₂ producidas por incendios en todas las tierras gestionadas;
- Las emisiones de N₂O de todas las tierras gestionadas;
- Las emisiones de CO₂ relacionadas con la aplicación de cal y urea en tierras gestionadas;
- Las emisiones de CH₄ del cultivo del arroz;
- Las emisiones de CO₂ y N₂O de las tierras de cultivo orgánico;
- Las emisiones de CO₂ y N₂O de humedales gestionados (con una base para el desarrollo metodológico para emisiones de CH₄ de tierras inundadas que se presenta en el Apéndice 3);
- La emisión de CH₄ producida por el ganado (fermentación entérica);
- Las emisiones de CH₄ y N₂O de los sistemas de gestión del estiércol; y
- El cambio en las existencias de carbono relacionado con los productos de madera recolectada.

En la siguiente sección, se analizan el fundamento científico y la justificación lógica de estos componentes del inventario.

¹ Esta observación general fue realizada en el Informe del IPCC sobre *Current Scientific Understanding of the Processes Affecting Terrestrial Carbon Stocks and Human Influences upon Them* (Julio 2003, Ginebra, Suiza). Los factores que regulan las emisiones y las absorciones pueden ser tanto naturales como antropogénicos (directos e indirectos) y puede resultar difícil distinguir claramente entre los factores causales.

1.2 PERSPECTIVA GENERAL DE LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN EL SECTOR AFOLU

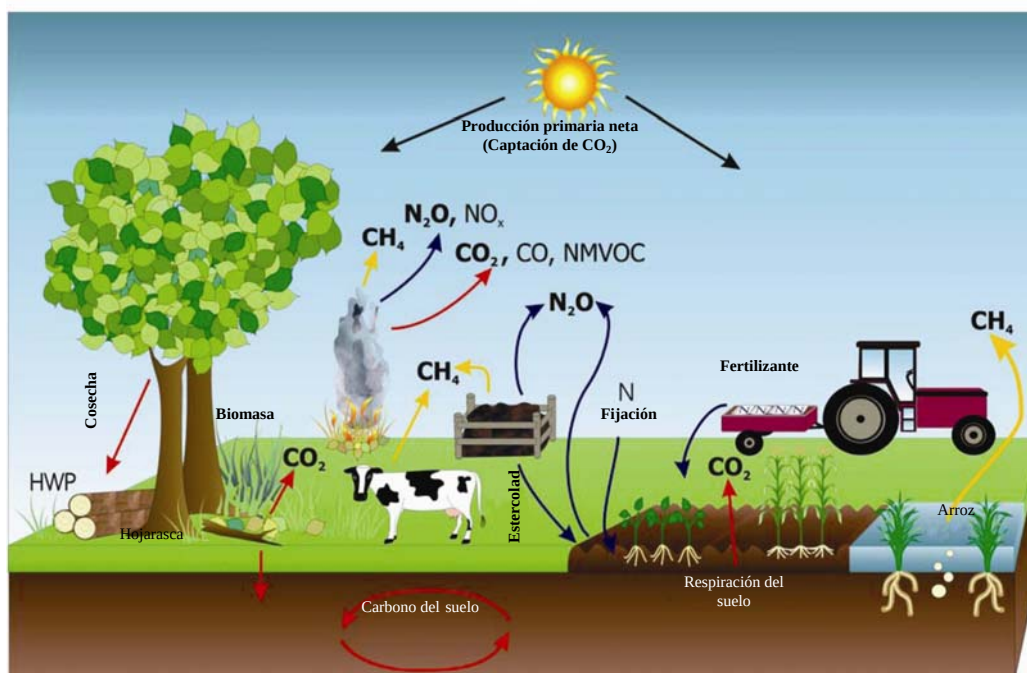
1.2.1 Fundamento científico

El uso y la gestión de la tierra tiene su influencia sobre una diversidad de procesos del ecosistema que afectan a los flujos de los gases de efecto invernadero (Figura 1.1), tales como la fotosíntesis, la respiración, la descomposición, la nitrificación/desnitrificación, la fermentación entérica y la combustión. Estos procesos incluyen transformaciones del carbono y del nitrógeno provocadas por los procesos biológicos (actividad de microorganismos, plantas y animales) y físicos (combustión, lixiviación y escurrimiento).

Los gases de efecto invernadero en el AFOLU

Los gases de efecto invernadero que son mayor motivo de preocupación son el CO_2 , el N_2O y el CH_4 . Los flujos de CO_2 entre la atmósfera y los ecosistemas se controlan fundamentalmente por captación, mediante la fotosíntesis de las plantas, y por liberación, a través de la respiración, la descomposición y la combustión de materia orgánica. Emiten N_2O fundamentalmente los ecosistemas como subproducto de la nitrificación y la desnitrificación, mientras que se emite el CH_4 mediante metanogénesis en condiciones anaeróbicas en suelos y depósitos de estiércol, a través de la fermentación entérica y durante la combustión incompleta durante el quemado de materia orgánica. Otros gases que resultan de interés (de la combustión y de los suelos) son el NO_x , el NH_3 , el COVDM y el CO, porque son precursores de la formación de gases de efecto invernadero en la atmósfera. La formación de gases de efecto invernadero a partir de gases precursores se considera una emisión indirecta. Las emisiones indirectas se asocian también con la lixiviación o el escurrimiento de compuestos de nitrógeno, en particular las pérdidas de NO_3^- de los suelos, algunos de los cuales pueden, después, convertirse en N_2O por desnitrificación.

Figura 1.1 Principales fuentes de emisión/absorciones de gases de efecto invernadero y procesos en ecosistemas gestionados.



Procesos de emisión y absorción

Los flujos de gas de efecto invernadero en el Sector AFOLU pueden estimarse de dos maneras: 1) como cambios netos en las existencias de C a medida que transcurre el tiempo (lo que se emplea para la mayoría de los flujos de CO_2) y 2) directamente como caudales de flujo de gas hacia y desde la atmósfera (lo que se utiliza para estimar las emisiones de no- CO_2 y algunas emisiones y absorciones de CO_2). La utilización de los cambios en las existencias de C para estimar las emisiones y absorciones de CO_2 se basa en el hecho de que los cambios en las existencias de C del ecosistema se producen, en su mayoría (aunque no exclusivamente) a través del intercambio de CO_2 entre la superficie terrestre y la

atmósfera (es decir que los demás procesos de transferencia de C, como la lixiviación, se consideran insignificantes). En consecuencia, los incrementos en las existencias totales de C con el correr del tiempo se equiparan con la absorción neta de CO₂ de la atmósfera, mientras que las reducciones en las existencias totales de C (a las que se restan las transferencias a otros depósitos, como los de productos de madera recolectada) se equiparan con la emisión neta de CO₂. Las emisiones de no-CO₂ son, en su mayor parte, producto de procesos microbiológicos (p. ej. en el suelo, las vías digestivas animales y el estiércol) y de la combustión de materiales orgánicos. A continuación, se describen los procesos de emisión y absorción del Sector AFOLU para las existencias y procesos de los principales ecosistemas, organizados por sus componentes, a saber: 1) biomasa, 2) materia orgánica muerta, 3) tierras y 4) ganado.

Biomasa

La biomasa vegetal, incluyendo sus partes aéreas y subterráneas, constituye el principal medio de absorción de CO₂ de la atmósfera. Hay grandes cantidades de CO₂ que se transfieren entre la atmósfera y los ecosistemas terrestres, fundamentalmente a través de la fotosíntesis y de la respiración. A la captación de CO₂ a través de la fotosíntesis se la llama producción primaria bruta (GPP, del inglés). Alrededor de la mitad de la es lo que respiran las plantas y que vuelve a la atmósfera, mientras que el resto constituye la producción primaria neta (NPP, del inglés), que es el total de producción de biomasa y de materia orgánica muerta en un año. La NPP menos las pérdidas por respiración heterotrófica (descomposición de materia orgánica en desperdicios, en ramas secas y en la tierra) equivale al cambio en las existencias netas de carbono de un ecosistema y, en ausencia de pérdidas por perturbación, se conoce como producción neta del ecosistema (NEP, del inglés).

$$\text{Producción neta del ecosistema (NEP)} = \text{Producción primaria neta (NPP)} - \text{Respiración heterotrófica}$$

A menudo, a la NEP menos las pérdidas adicionales de C por perturbación (p. ej. incendios), cosechas y desbroce de tierras se le llama producción neta de bioma (NBP, del inglés). El cambio en las existencias de carbono que se declara en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero para las categorías de uso de la tierra es igual al NBP².

$$\text{Producción neta de bioma (NBP)} = \text{NEP} - \text{Pérdidas de carbono por devastación/desbroce/cosecha}$$

Los NPP se ven influenciados por el uso y la gestión de la tierra a través de una diversidad de actividades antropogénicas como la deforestación, la forestación, la fertilización, la irrigación, las cosechas y la elección de especies. Por ejemplo, la cosecha de árboles reduce las existencias en la biomasa de la tierra. Sin embargo, la madera recolectada merece atención adicional porque parte del carbono puede quedar almacenado en los productos de madera en uso y en sumideros durante años o siglos. Es así que parte del carbono que se extrae del ecosistema se libera rápidamente a la atmósfera, mientras que parte se transfiere a otras existencias en las que las emisiones se demoran. En ecosistemas no-forestales (es decir, tierras de cultivo, pastizales), la biomasa está formada por una vegetación no-forestal, perenne y anual, lo que constituye una parte mucho menor de las existencias totales de carbono del ecosistema que en las tierras forestales. La biomasa no-forestal tiene una rotación anual o de cada pocos años y, por ende, las existencias de carbono netas en la biomasa pueden permanecer casi constantes, aunque pueden reducirse con el correr del tiempo si hay una degradación de la tierra. Los administradores de la tierra pueden emplear el fuego como herramienta de manejo de pastizales y bosques o puede haber incendios arrasadores que queman tierras gestionadas, particularmente forestales, lo que conduce a pérdidas significativas de carbono de la biomasa. Los incendios no sólo devuelven CO₂ a la atmósfera mediante la combustión de la biomasa, sino que también emiten otros gases de efecto invernadero incluyendo, directa o indirectamente, CH₄, N₂O, CO₂DM, NO_x y CO.

Materia orgánica muerta

En algún momento, la mayor parte de la biomasa (NPP) contenida en el material vegetal vivo se transfiere a depósitos de materia orgánica muerta (DOM, del inglés) (p. ej. madera muerta y hojarasca – véase el Cuadro 1.1 para conocer las definiciones). Parte de la DOM se descompone rápidamente y devuelve el carbono a la atmósfera, pero hay una parte retenida durante meses hasta años o décadas. El uso y el manejo de las tierras repercuten sobre las existencias de carbono en la materia orgánica muerta al tener su efecto sobre la velocidad de descomposición y sobre el ingreso de detrito fresco. Las pérdidas debidas al quemado de materia orgánica muerta incluyen emisiones de CO₂, N₂O, CH₄, NO_x, CO₂DM y CO.

Suelos

A medida que se fragmenta y se descompone, la materia orgánica muerta se transforma en materia orgánica del suelo (SOM, del inglés). Ésta incluye una gran variedad de materiales que difieren significativamente en cuanto a su tiempo de permanencia en el suelo. Parte de este material está integrado por compuestos inestables que los organismos microbianos descomponen fácilmente, y devuelven el carbono a la atmósfera. Sin embargo, parte

² Los productos de madera recolectada y demás productos durables derivados de la biomasa (p. ej. vestimenta) no están incluidos entre los NBP; el Capítulo 12 trata de los productos de madera recolectada (PMR).

del carbono orgánico del suelo se convierte en compuestos recalcitrantes (p. ej. complejos organominerales) que se descomponen muy lentamente y que, por ende, pueden permanecer en el suelo durante décadas, siglos o más tiempo. Después de los incendios, se producen pequeñas cantidades del llamado «carbono negro», que constituyen una fracción de carbono casi inerte con tiempos de rotación que pueden extenderse hasta milenios.

Las existencias de carbono orgánico se ven influenciadas por las actividades de gestión y manejo de la tierra que afectan la velocidad de formación de hojarasca y de pérdida de materia orgánica del suelo. Aunque los procesos dominantes que regulan el balance de las existencias de carbono orgánico en el suelo son las entradas de C producidas por residuos vegetales y las emisiones de C resultantes de la descomposición, las pérdidas en forma de particulado o de carbono disuelto pueden ser significativas en algunos ecosistemas. Las entradas se controlan fundamentalmente mediante decisiones que afectan la NPP y/o la retención de materia orgánica muerta, como lo son la cantidad de biomasa cosechada que se extrae en forma de producto y la cantidad que se deja como residuos. Las salidas se ven influenciadas mayormente por decisiones de manejo que afectan la descomposición microbiana y física de la materia orgánica del suelo, como lo es la intensidad de las labores de cultivo. Según las interacciones con anteriores usos de la tierra, el clima y las propiedades del suelo, los cambios en las prácticas de gestión pueden producir incrementos o reducciones en las existencias de C en el suelo. En general, los cambios en las existencias de carbono inducidos por el manejo se manifiestan una vez transcurrido un período de varios años o de unas pocas décadas, hasta que las existencias de carbono del suelo alcanzan un nuevo equilibrio. Además de la influencia de las actividades humanas, la variabilidad del clima y otros factores ambientales afectan la dinámica del C en el suelo (como también lo hacen la biomasa y la DOM).

En condiciones de inundación, como en los humedales y en la producción de arroz bajo fangueo, hay una fracción significativa de materia orgánica muerta en descomposición y de materia orgánica del suelo que se devuelve a la atmósfera en forma de CH_4 . Puede constituir una fuente importante de emisiones en países con una cantidad considerable de tierra dedicada a la producción de arroz bajo fangueo. Aunque virtualmente todos los suelos inundados emiten metano, las existencias netas de C en el suelo pueden incrementarse, reducirse o permanecer constantes con el tiempo, según los controles de manejo y ambientales que se ejerzan sobre el balance general de carbono. En los suelos bien drenados, las bacterias metanotróficas consumen (oxidán) pequeñas cantidades de CH_4 .³

Los suelos contienen también depósitos de C inorgánico, ya sea en forma de minerales primarios del material madre del que se formó el suelo (p. ej. piedra caliza) o como minerales secundarios (p. ej. carbonatos pedogénicos) que surgen durante la formación del suelo. Las existencias de C inorgánico en el suelo pueden verse afectadas por el manejo, aunque habitualmente no en el grado en que sucede con los depósitos de C orgánico.

Hay ciertas prácticas en el manejo del suelo que tienen un impacto sobre las emisiones de gases de efecto invernadero que va más allá de un simple cambio en las existencias de C. Por ejemplo, el encalado se emplea para reducir la acidez del suelo y mejorar la productividad de las plantas, pero es también una fuente directa de emisiones de CO_2 . Específicamente, el encalado transfiere C de la corteza de la tierra a la atmósfera cuando se elimina el carbonato de calcio de los depósitos de piedra caliza y de dolomita y se aplica a los suelos en los que el ión carbonato evoluciona a CO_2 .

El agregado de nitrógeno es práctica común para incrementar la NPP y los rendimientos de los cultivos, incluidos la aplicación de fertilizantes sintéticos de N y abono orgánico (p. ej. estiércol), particularmente en tierras de cultivo y pastizales. Este incremento en la disponibilidad de N del suelo aumenta las emisiones de N_2O de los suelos como subproducto de la nitrificación y la desnitrificación. Los agregados de nitrógeno (en estiércol y orina) por parte de los animales de pastoreo también estimula las emisiones de N_2O . De manera similar, los cambios de uso de la tierra realzan las emisiones de N_2O si están asociados con una elevada descomposición de la materia orgánica del suelo y con la subsiguiente desmineralización del nitrógeno, como sucede cuando se inician cultivos en humedales, bosques o pastizales.

Con el conocimiento científico de que se dispone actualmente, es posible suministrar métodos para estimar las emisiones de CO_2 y de N_2O relacionadas con el manejo de tierras de turba y de CO_2 resultantes de la conversión en humedales mediante inundación. Se ha incluido un apéndice metodológico (Apéndice 3) en el que se establecen las bases para el desarrollo de una metodología para estimar las emisiones de CH_4 de tierras inundadas.

Ganado

Los sistemas de producción animal, y en particular los de rumiantes, pueden constituir fuentes significativas de emisiones de gases de efecto invernadero. Por ejemplo, la fermentación entérica que se produce en los sistemas digestivos de los rumiantes lleva a la producción y emisión de CH_4 . Las decisiones de gestión tomadas respecto

³ Se ha establecido que las alteraciones resultantes de cambios de uso de la tierra y del agregado de nitrógeno (p. ej. como fertilizante) reducen la velocidad de oxidación del metano.

de la eliminación y el almacenamiento de estiércol afectan a las emisiones de CH₄ y de N₂O, los que se forman durante la descomposición del estiércol como subproductos de la metanogénesis y de la nitrificación/desnitrificación, respectivamente. Más aun, las pérdidas por volatilización de NH₃ y NO_x de los sistemas de gestión del estiércol y de los suelos conducen a emisiones indirectas de gases de efecto invernadero.

1.2.2 Definiciones de depósitos de carbono y gases no CO₂

Dentro de cada una de las categorías de usos de la tierra, los cambios en las existencias de carbono y las estimaciones de emisión/absorción pueden incluir a los cinco depósitos que se definen en el Cuadro 1.1. Para ciertas categorías de uso de la tierra y métodos de estimación, los cambios en las existencias de C pueden estar basados en los tres depósitos de carbono agregados (es decir, biomasa, DOM y suelos). Es posible que las circunstancias de cada país exijan efectuar modificaciones a las definiciones de depósitos que se presentan aquí. Cuando se utilizan definiciones modificadas, es una *buena práctica* declararlas y documentarlas claramente a fin de asegurar que las definiciones modificadas se utilicen coherentemente a medida que transcurre el tiempo y de demostrar que los depósitos no se omiten ni se cuentan dos veces. Normalmente, los cambios en las existencias de carbono relacionados con los productos de madera recolectada se declaran a escala nacional (véase el Capítulo 12).

Los gases no CO₂ que son de fundamental preocupación para el Sector AFOLU son el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O). También se consideran las emisiones de otros gases nitrogenosos, incluidos el NO_x y el NH₃, que pueden servir como fuente de subsiguientes emisiones de N₂O (y por ende considerarse fuentes *indirectas* de emisión) (véase el Capítulo 11).

1.3 GENERALIDADES DE LA PREPARACIÓN DEL INVENTARIO PARA EL SECTOR AFOLU

A los efectos de preparar inventarios para el Sector AFOLU, las emisiones y absorciones de los gases de efecto invernadero CO₂ y no CO₂ se estiman por separado para cada una de las seis categorías de uso de la tierra. Las demás categorías de emisión de CO₂ y de no CO₂, tales como las emisiones referidas al ganado, las resultantes del manejo del N del suelo, por encalado del suelo y de productos de madera recolectada, pueden estimarse a escala nacional ya que, a menudo, solo se dispone de datos totales. No obstante, si se dispone de los datos, se los puede desglosar por categorías de uso de la tierra.

CUADRO 1.1 DEFINICIONES DE LOS DEPÓSITOS DE CARBONO UTILIZADOS EN AFOLU PARA CADA CATEGORÍA DE USO DE LA TIERRA		
Depósito		Descripción
Biomasa	Biomasa aérea	Toda la biomasa de la vegetación viva, tanto maderera como herbácea, que se halla por encima del suelo, incluidos tallos, cepas, ramas, corteza, semillas y follaje. Nota: En los casos en los que el sotobosque sea un componente menor del depósito de carbono de la biomasa aérea, es aceptable que se lo excluya para las metodologías y los datos asociados que se utilizan en ciertos niveles, siempre que éstos se empleen de manera coherente a lo largo de toda la serie temporal del inventario.
	Biomasa subterránea	Toda la biomasa de las raíces vivas. A menudo, las raíces finas, de menos de 2 mm de diámetro (sugerido), se excluyen porque, empíricamente, no se las puede distinguir de la materia orgánica del suelo o de la hojarasca.
Materia orgánica muerta	Madera muerta	Incluye toda la biomasa leñosa no viviente que no está contenida en la hojarasca, ya sea en pie, tendida en el suelo o enterrada. La madera muerta incluye la madera tendida en la superficie, las raíces muertas y las cepas de 10 cm de diámetro o más (o del diámetro especificado por el país).
	Hojarasca	Incluye toda la biomasa no viva con un tamaño mayor que el límite establecido para la materia orgánica del suelo (sugerido 2 mm) y menor que el diámetro mínimo elegido para la madera muerta (p. ej. 10 cm), que yace muerta, en diversos estados de descomposición por encima o dentro del suelo mineral u orgánico. Incluye la capa de hojarasca como se la define habitualmente en las tipologías de suelos. Las raíces vivas finas por encima del suelo mineral u orgánico (por debajo del diámetro mínimo límite elegido para la biomasa subterránea) se incluyen con la hojarasca cuando no se las puede distinguir de esta última empíricamente.
Suelos	Materia orgánica del suelo ¹	Incluye el carbono orgánico contenido en suelos minerales hasta una profundidad dada, elegida por el país y aplicada coherentemente a lo largo de la serie temporal ² . Las raíces finas vivas y muertas y la DOM que se encuentran dentro del suelo y que miden menos que el límite de diámetro mínimo (sugerido 2 mm) para raíces y DOM se incluyen con la materia orgánica del suelo cuando no se las puede distinguir de esta última empíricamente. El valor por defecto para la profundidad del suelo es de 30 cm y la orientación sobre cómo determinar las profundidades específicas para cada país se incluyen en el Capítulo 2.3.3.1.
¹ Incluye la materia orgánica (viva y no viva) que se encuentra dentro de la matriz del suelo, operativamente definida como una fracción de un tamaño específico (p. ej. toda la materia que pasa a través de un cedazo de 2 mm). Las estimaciones de las existencias de C en el suelo pueden incluir también C inorgánico del suelo si se emplea un método del Nivel 3. Las emisiones de CO ₂ producidas en los suelos por aplicación de encalado y urea se estiman como flujos empleando el método de Nivel 1 o 2.		
² Las existencias de carbono en suelos orgánicos no se calculan explícitamente empleando el método de Nivel 1 o 2 (que estiman solamente el flujo anual de C de los suelos orgánicos), sino que se los puede estimar utilizando un método del Nivel 3. La definición de los suelos orgánicos a los fines de su clasificación se suministra en el Capítulo 3.		

1.3.1 Categorías de uso y gestión de la tierra

En esta sección se brinda una breve perspectiva de cómo se les asignan categorías a las áreas terrestres, a los efectos del inventario. En el Capítulo 3 se incluye una descripción detallada de la representación de la tierra y de la categorización de áreas terrestres por clima, suelo y otros estratos ambientales.

Las seis categorías de uso de la tierra (véanse las definiciones en el Capítulo 3) de las *Directrices del IPCC de 2006* son:

- Tierras forestales
- Tierras de cultivo
- Pastizales
- Humedales
- Asentamientos
- Otras tierras

Cada una de las categorías de uso de la tierra se subdivide en la tierra remanente en esa categoría (p. ej. *tierras forestales que permanecen como tales*) y la tierra que se convierte de una categoría a otra (p. ej. tierra forestal que se convierte en tierra de cultivo). Los países pueden decidir estratificar aun más en cada categoría por regiones climáticas o de otra índole, según el método elegido y sus requisitos. Las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero determinadas para cada uso específico de la tierra incluyen el CO₂ (a medida que se modifican las existencias de carbono) de la biomasa, la materia orgánica muerta y los suelos, así como emisiones de no CO₂ del quemado y, según la categoría de uso de la tierra, emisiones de otras fuentes específicas (p. ej. emisiones de CH₄ del arroz).

Las emisiones de CH₄ y de N₂O resultantes de la gestión del ganado se estiman para los principales tipos de animales; por ejemplo, vacas lecheras, otros vacunos, aves, ovinos, porcinos y otros tipos de ganado (búfalos, cabras, llamas, alpacas, camellos, etc.). Los sistemas de gestión de residuos de animales incluyen lagunas anaeróbicas, sistemas líquidos, distribución diaria, almacenamiento de sólidos, corral de engorde, pastura/pradera/prado y diversos otros sistemas.

Habitualmente las emisiones de óxido nitroso procedentes de suelos gestionados se estiman a partir de datos agregados (de nivel nacional) sobre suelos alimentados con N, incluyendo el uso y las ventas de fertilizantes con nitrógeno, la gestión de residuos de cultivos, los abonos orgánicos y las conversiones en el uso de la tierra que realcen la mineralización del N en la materia orgánica del suelo. De manera similar, es típico que las emisiones de CO₂ resultantes de la aplicación de encalado y de la urea a los suelos gestionados se estimen empleando datos agregados (p. ej. de nivel nacional).⁴

Los productos de madera cosechada constituyen un componente del ciclo del carbono respecto del cual se pueden estimar los cambios en las existencias de carbono (orientación provista en el Capítulo 12) sobre la base de datos de nivel nacional; no obstante, actualmente, las políticas a aplicar para la estimación y la declaración de emisiones de gases de efecto invernadero en PMR son motivo de negociaciones de políticas.

1.3.2 Definiciones de niveles para métodos en AFOLU

Puesto que tienen relación con métodos usados en el Sector AFOLU, se esbozan aquí los conceptos que sustentan el método de tres niveles (véase el Recuadro 1.1). En general, al pasar a niveles más altos, se mejora la exactitud del inventario y se reduce la incertidumbre, aunque la complejidad y los recursos necesarios para realizar los inventarios también son mayores para los niveles más altos. De ser necesario, se puede emplear una combinación de niveles; p. ej. se puede usar el Nivel 2 para la biomasa y el Nivel 2 para el carbono del suelo.

Los métodos y datos que se presentan se concentran en los inventarios de Nivel 1. Por lo general, los métodos van a ser aplicables a los inventarios de Nivel 2, pero los datos por defecto presentados para el Nivel 1 van a ser reemplazados parcial o totalmente por datos nacionales como parte de una estimación del Nivel 2. Los métodos del Nivel 2 no se describen en detalle, aunque se esbozan cuáles son las *buenas prácticas* en su aplicación.

1.3.3 Identificación de las categorías principales

La discusión de fondo sobre el abordaje y los métodos para el análisis de las categorías principales está incluida en el Volumen 1 Capítulo 4 (Opción metodológica e identificación de categorías principales). En este capítulo se describe el método para el análisis de las categorías principales del AFOLU. Una categoría principal de fuente/sumidero se define en el Volumen 1 Capítulo 4 como *una categoría a la que se le da prioridad en el sistema de inventario nacional porque su estimación tiene una influencia significativa en el inventario total de un país de los gases de efecto invernadero en cuanto a su nivel absoluto, a la tendencia o a la incertidumbre respecto de emisiones y absorciones*. El análisis de las categorías principales le ayuda a un país a lograr el inventario más fiable dados los recursos disponibles. Se requiere el análisis de categorías principales para identificar lo siguiente:

- qué actividades del uso y la gestión de la tierra son significativas;
- que (sub)categoría de uso de la tierra o de ganado es significativa;

⁴ No existe una metodología por defecto para la estimación de las absorciones de CH₄ en suelos aeróbicos debido a la limitada cantidad de estudios dedicados a los impactos del uso y la gestión de la tierra sobre la oxidación del metano. Los países que deseen estimar y declarar las absorciones de CH₄ debe desarrollar, validar y documentar una metodología nacional apropiada para estimar las absorciones de CH₄, incluyendo el análisis de la incertidumbre. Es una buena práctica para los países que declaren las absorciones de CH₄ asegurar también la simetría, incluyendo todas las emisiones de CH₄ de las tierras de las que se informe sobre absorciones de CH₄.

- qué emisiones o absorciones de CO₂ por sumideros de diferentes depósitos de carbono son significativas;
- que gases no CO₂ y de qué categorías son significativos; y
- qué nivel se requiere para la generación de informes.

RECUADRO 1.1 MARCO DE LA ESTRUCTURA DE NIVELES PARA MÉTODOS AFOLU

Los métodos del **Nivel 1** están diseñados para que resulten los más simples de usar, para lo cual se suministran, en este volumen, las ecuaciones y los valores de los parámetros por defecto (p. ej. factores de emisión y de cambio en las existencias). Es necesario contar con datos de la actividad específicos por país, aunque, en lo referido al Nivel 1, a menudo se dispone mundialmente de fuentes de estimaciones de datos de la actividad (p. ej. tasas de forestación, estadística de producción agrícola, mapas de cobertura de la tierra a nivel global, uso de fertilizantes, datos sobre la población ganadera, etc.) aunque, en general, estos datos son poco precisos a nivel de espacio.

En el **Nivel 2** se emplea el mismo abordaje metodológico que en el Nivel 1, pero se aplican factores de emisión y de cambio en las existencias que se basan en datos específicos del país o de la región en lo referido a las categorías más importantes de uso de la tierra o de ganado. Los factores de emisión definidos por país son más apropiados para las regiones climáticas, los sistemas de uso de la tierra y las categorías de ganado del país de que se trata. Es típico que en el Nivel 2 se utilicen datos de resolución temporal y espacial y de actividad más desagregada, de manera que se correspondan con los coeficientes definidos para el país por regiones específicas y por categorías de uso especializado de la tierra o de ganado.

En el **Nivel 3**, se utilizan métodos de orden superior, incluidos modelos y sistemas de medición de inventario, hechos a medida para satisfacer las circunstancias nacionales que se repiten con el tiempo, basados en datos de la actividad de alta resolución y desagregados a nivel sub-nacional. Estos métodos de orden superior ofrecen estimaciones de mayor certeza que los niveles más bajos. Estos sistemas pueden incluir muestreos de campo exhaustivos realizados a intervalos regulares y/o sistemas de datos sobre edad, clase/producción basados en Sistemas de Información Geográfica (GIS, del inglés *geographic information systems*), datos sobre suelos y datos de la actividad de uso y gestión de la tierra, que integran varios tipos de monitorización. Zonas en las que, habitualmente, se puede hacer un seguimiento de los cambios de uso de la tierra con el correr del tiempo, por lo menos estadísticamente. En la mayoría de los casos, estos sistemas son dependientes del clima y, por lo tanto, permiten obtener estimaciones de fuentes con variabilidad interanual. Se puede emplear una desagregación detallada de la población ganadera según el tipo de animal, la edad, el peso corporal, etc. Los modelos deben someterse a verificaciones de calidad, auditorías y validaciones, además de documentarse minuciosamente.

En los siguientes capítulos se suministran metodologías que cubren una amplia gama de categorías de fuente/sumidero de AFOLU. No es de esperar que todas las categorías sean principales y, por ende, se suministran métodos simples por defecto (Nivel 1) para permitir la realización de un inventario completo de AFOLU, sin grandes inversiones de recursos en categorías relativamente menores.

Los análisis deben realizarse al nivel de las categorías de fuentes o sumideros del IPCC como se sugiere en el Cuadro 4.1 del Volumen 1. Los análisis deben realizarse empleando las emisiones de CO₂ equivalente estimadas mediante los potenciales de calentamiento atmosférico para cada gas. Se debe realizar la evaluación de categorías principales para cada uno de estos gases por separado, ya que los métodos, los factores de emisión y las incertidumbres afines difieren para cada gas, depósito y categoría. Las categorías de fuentes que utilizan los mismos factores de emisión basados en hipótesis comunes deben agruparse antes del análisis. Para cada *categoría principal*, el organismo a cargo del inventario debe determinar si ciertas categorías representan una parte significativa de las emisiones. En el caso de las emisiones de CH₄ procedentes de la fermentación entérica de ganado doméstico, por ejemplo, es posible que las emisiones de ciertas especies en particular (p. ej. vacunos, búfalos u ovinos) representen la mayor parte de las emisiones (GPG 2000, Capítulo 7). En el caso de las emisiones/absorciones de CO₂, una categoría de tierra dada (p. ej. *Tierra convertida a tierra forestal*) y también un cierto depósito de carbono (p. ej. biomasa aérea) pueden contribuir con una parte dominante de las emisiones/absorciones netas de CO₂.

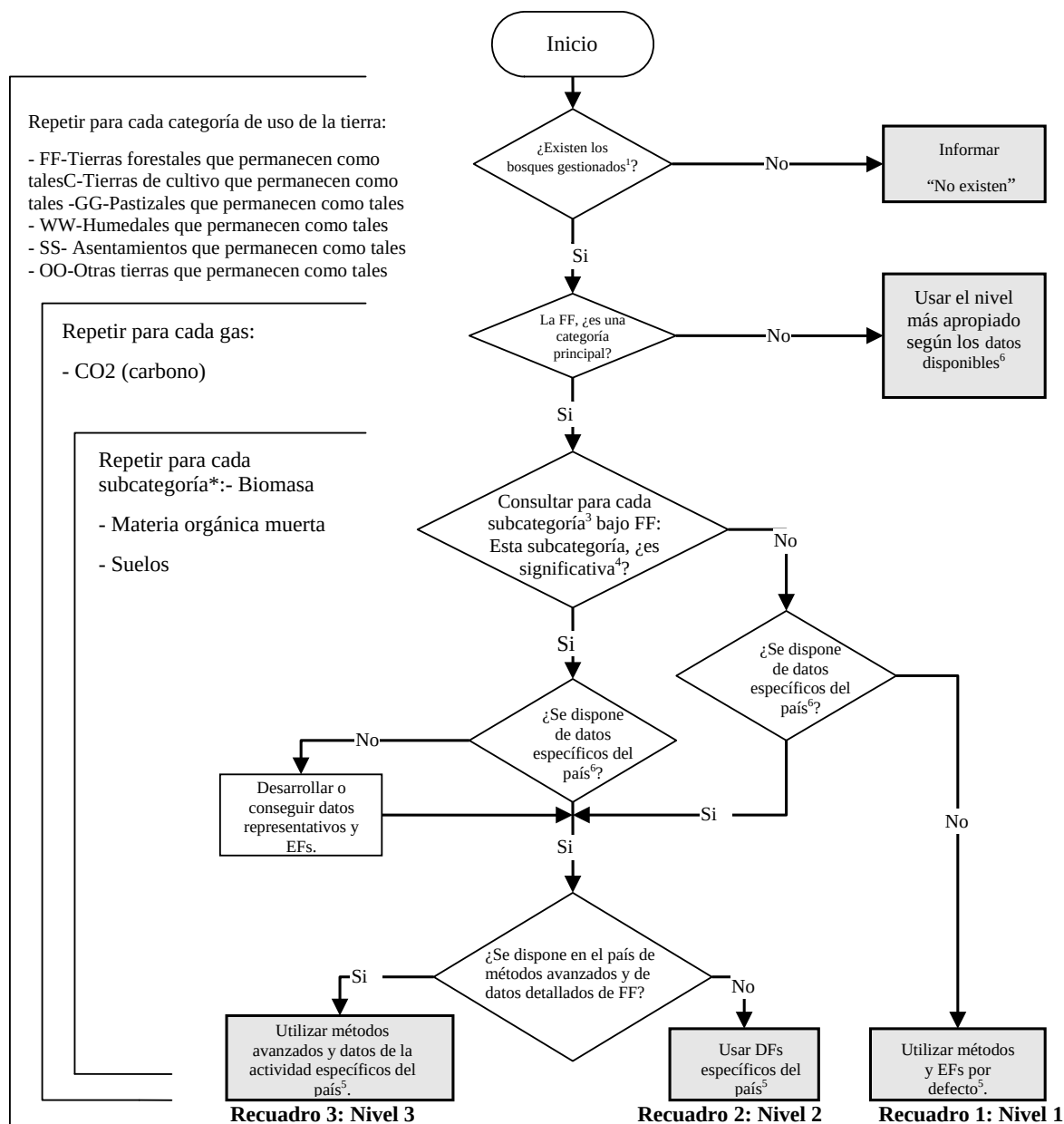
El nivel de agregación o desagregación de las diferentes categorías de uso de la tierra (véase el Capítulo 3) y de ganado (véase el Capítulo 10) depende de la participación de un sistema dado de uso de la tierra o de ganado dentro del inventario de gases de efecto invernadero de un país y del nivel de recursos disponibles en el país para

las actividades de inventario. La desagregación de las categorías de tierras y ganado ayuda a reducir la incertidumbre, aunque incrementa el costo del proceso de inventario. Por lo tanto, es necesario lograr un equilibrio entre el nivel de desagregación y los recursos disponibles para el inventario.

Una vez identificadas, las fuentes principales se utilizan para la elección metodológica empleando árboles de decisiones, como se muestra a continuación. Los del sector AFOLU incluyen:

- árbol de decisiones para la identificación del nivel apropiado para tierras que permanecen en la misma categoría (Figura 1.2), p. ej. *Tierras forestales que permanecen como tales*.
- árbol de decisiones para la identificación del nivel apropiado para tierras convertidas en otra categoría de uso de la tierra (Figura 1.3), p. ej. otras *Tierras convertidas en tierras forestales*; y
- árboles de decisiones relativos a la fermentación entérica y a la gestión del estiércol, que se suministran en el capítulo sectorial que corresponde (véase el Capítulo 10).

Figura 1.2 **Árbol de decisiones para la identificación del nivel apropiado para tierras que permanecen en la misma categoría, empleando como ejemplo las Tierras forestales que permanecen como tales.**



Nota:

1: El uso de 20 años como umbral es consistente con los valores por defecto incluidos en las Directrices del IPCC. Los países pueden emplear períodos diferentes cuando resulte apropiado a las circunstancias locales (véase el Capítulo 2).

2: Véase el Volumen 1, Capítulo 4, «Opción metodológica e identificación de categorías principales» (principalmente la sección 4.1.2 relativa a los recursos limitados) para el análisis de las *categorías principales* y el uso de los árboles de decisión.

3: Véase el Cuadro 1.2 para la categorización de subcategorías.

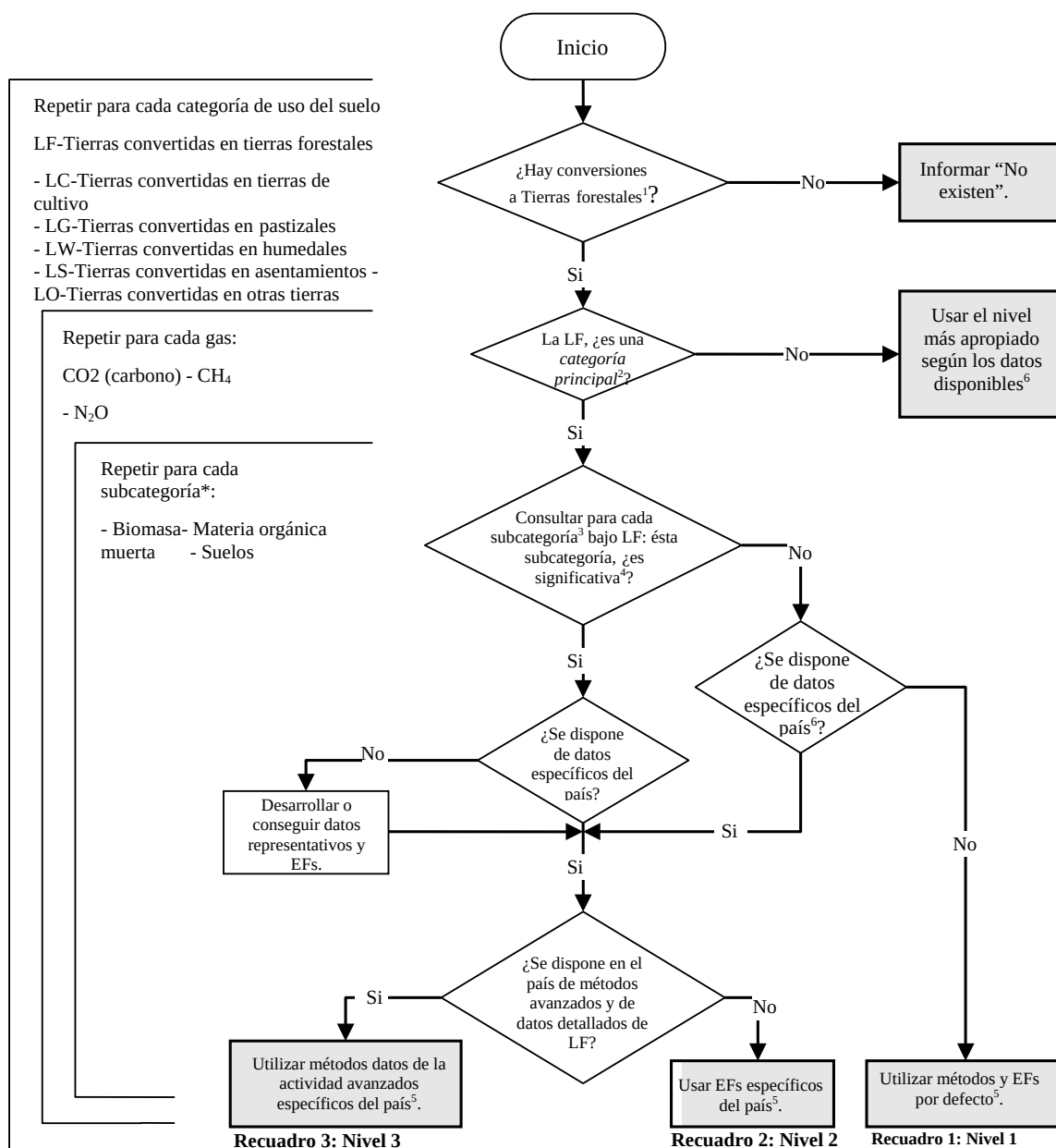
4: Una subcategoría es significativa si implica un 25-30% del total de las emisiones/absorciones de la categoría.

5: Véase el Recuadro 1.1 en cuanto a la definición de los Niveles.

6: La disponibilidad de datos se refiere tanto a los datos necesarios para desarrollar los factores de emisión específicos del país como a los referidos a prácticas de uso y gestión de la tierra (datos de la actividad).

* Si un país declara los productos de madera recolectada (PMR) como depósito por separado, se la debe tratar como subcategoría.

Figura 1.3 **Árbol de decisiones para la identificación del nivel apropiado para tierras convertidas en otra categoría de uso de la tierra, empleando como ejemplo las Tierras convertidas en tierras forestales.**



Nota:

1: El uso de 20 años como umbral es coherente con los valores por defecto incluidos en las Directrices del IPCC. Los países pueden emplear periodos diferentes cuando resulte apropiado a las circunstancias locales (véase el Capítulo 2).

2: Véase el Volumen 1, Capítulo 4, «Opción metodológica e identificación de categorías principales» (principalmente la sección 4.1.2 relativa a los recursos limitados) para el análisis de las categorías principales y el uso de los árboles de decisión.

3: Véase el Cuadro 1.2 para la categorización de subcategorías.

4: Una subcategoría es significativa si implica un 25-30% del total de las emisiones/absorciones de la categoría.

5: Véase el Recuadro 1.1 en cuanto a la definición de los Niveles.

6: La disponibilidad de datos se refiere tanto a los datos necesarios para desarrollar los factores de emisión específicos del país como a los referidos a prácticas de uso y gestión de la tierra (datos de la actividad).

Si un país declara los productos de madera recolectada (PMR) como depósito por separado, se la debe tratar como subcategoría.

1.3.4 Pasos para la preparación de estimaciones de inventario

En los siguientes pasos se describe cómo compilar el inventario de gases de efecto invernadero para el Sector AFOLU:

1. Dividir todas las tierras en gestionadas y no gestionadas (Capítulo 3).
2. Desarrollar un sistema nacional de clasificación de tierras aplicable a las seis categorías de uso de la tierra (tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales, humedales, asentamientos y otras tierras), subdividiéndolas después por regiones según el clima, tipo de suelo y/o parámetros ecológicos (es decir, estratos) apropiadas para el país, según se describe en el Capítulo 3.
3. Compilar datos sobre el área de tierras y el cambio de área de tierras en cada categoría de uso de la tierra (por categoría) si están disponibles. Categorizar el área de tierra por sistemas de gestión específicos definidos para cada categoría de uso de la tierra (por categoría), si están disponibles —esta categorización sirve de base para asignar factores de emisión y de cambio en las existencias que se requieren para un método de estimación en particular (véase el Capítulo 3).
4. Compilar estadísticas a nivel nacional respecto del ganado, los sistemas de gestión del estiércol, el manejo del N del suelo, el encalado y la aplicación de urea (si se dispone de datos de la actividad específicos del uso de la tierra en cuanto a fertilización del suelo y actividades de encalado, estas categorías de emisiones pueden estratificarse como en el Paso 2).
5. Estimar las emisiones y absorciones de CO₂ y las emisiones de no CO₂ en el nivel apropiado en respaldo de un análisis de categorías principales. Es factible que, en un inventario preliminar, se utilice el método de Nivel 1 o 2. Sin embargo, puede ser preferible proceder con un método de Nivel 3 si, previamente, se han desarrollado los métodos y se han compilado los datos sobre actividades de apoyo y de entrada (véase el Capítulo 2 en cuanto a la orientación general sobre métodos).
6. Re-estimar las emisiones y absorciones de CO₂ y las emisiones de no CO₂ si se recomienda un Nivel más alto, en base al análisis de las categorías principales (véase el Volumen 1 Capítulo 4 respecto de los métodos para identificar Categorías principales).
7. Estimar incertidumbres (véase el Volumen 1 Capítulo 3) y los procedimientos completos de GC/CC (que se inician en el Paso 1) empleando los métodos provistos en el Volumen 1 Capítulo 6, junto con la orientación adicional provista en los Capítulos 2 a 12 de este Volumen.
8. Sumar las emisiones y absorciones de CO₂ y las emisiones de no CO₂ producidas durante el período del inventario para cada categoría de fuente por uso de la tierra y estrato, así como las emisiones originadas en el ganado, el estiércol y el manejo del N (si no se las ha analizado individualmente para cada categoría de uso de la tierra).
9. Transcribir la información resumida en cuadros para generación de informes, y convertir los cambios en las existencias de C a emisiones y absorciones de CO₂ e ingresar las emisiones no CO₂ de gases de efecto invernadero, por categorías de uso de la tierra, si se dispone de ella. Combinar con estimaciones de emisión basadas en datos agregados a nivel nacional (p. ej. ganado, gestión del estiércol y manejo/abono del suelo) para estimar los totales de emisión y absorción para el Sector AFOLU (Véase el Volumen 1 Capítulo 8, Orientación y cuadros para la generación de informes).
10. Documentar y archivar toda la información utilizada para producir el inventario, incluidos los datos de la actividad y otros datos ingresados, factores de emisión, fuentes de información y documentación de «metadata», descripciones de métodos y *software* o código de modelos, procedimientos e informes de GC/CC, además de los resultados para cada categoría de fuente.
11. Fijar prioridades para futuros inventarios del Sector AFOLU sobre la base de la exhaustividad de los actuales inventarios, incertidumbres y aspectos surgidos durante GC/CC. Revisar el análisis por categorías principales sobre la base del inventario recién completado a fin de ayudar en la toma de decisiones respecto de las prioridades futuras.

1.4 ORGANIZACIÓN DEL VOLUMEN 4 DE LAS DIRECTRICES DEL IPCC DE 2006

El material del Volumen 4 debe emplearse de la siguiente manera:

- En el Capítulo 2 se describen los métodos genéricos para los depósitos de carbono y el quemado de biomasa que se pueden aplicar en cada una de las seis categorías de uso de la tierra; es decir que los métodos no son específicos para un uso de la tierra en particular. Consisten en la estimación de los cambios en las existencias de C y de las emisiones de CO₂ y de no CO₂ en el ecosistema resultantes de incendios y del quemado de biomasa. A fin de evitar la redundancia en los subsiguientes capítulos referidos específicamente al uso de la tierra, en el Capítulo 2 se brinda orientación para la elección del método y árboles de decisión para la selección del nivel. Las ecuaciones de nivel 1 se suministran conjuntamente con cuadros de factores de emisión genéricos y otros parámetros.
- El Capítulo 3 se refiere a la representación coherente de la tierra. En particular, en este capítulo se presentan los múltiples métodos para la clasificación de las categorías de usos de la tierra, así como el nivel de desagregación. Este material les va a resultar útil a los usuarios para comprender los aspectos generales relacionados con la representación de los sistemas, lo que va a ser necesario posteriormente para aplicar los métodos de estimación específicos para una categoría en particular de uso de la tierra y/o de fuente. Una vez consultados los Capítulos 2 y 3, los usuarios deben continuar con el capítulo apropiado referido a los aspectos específicos de una categoría de uso de la tierra o de fuente.
- Entre los capítulos 4 y 9 se brinda información para categorías específicas de uso de la tierra. Estos capítulos contienen información sobre la aplicación de los métodos genéricos descritos en el Capítulo 2, así como descripciones metodológicas completas y de aplicación para cualquiera de los métodos específicos de uso de la tierra.
 - El Capítulo 4 se ocupa de la estimación de emisiones y absorciones de tierras forestales. En secciones aparte se trata de temas de *Tierras forestales que permanecen como tales* y *Tierras convertidas en tierras forestales*. Los productos de madera recolectada se abordan por separado en el Capítulo 12.
 - El Capítulo 5 se ocupa de la estimación de emisiones y absorciones de las tierras de cultivo. En secciones aparte se aborda el tema de *Tierras de cultivo que permanecen como tales* y *Tierras convertidas en tierras de cultivo*. También se trata en este capítulo la producción de metano por la producción de arroz, que es específica de las tierras de cultivo.
 - El Capítulo 6 se ocupa de la estimación de emisiones y absorciones de los pastizales. En secciones aparte se trata el tema *Pastizales que permanecen como tales* y sobre *Tierras convertidas en pastizales*.
 - El Capítulo 7 está referido a la estimación de emisiones y absorciones de humedales, incluida la extracción de turba en bonales naturales y en tierras inundadas. En los Apéndices, se suministran métodos específicos para la estimación de emisiones de CO₂ y de CH₄ en humedales, así como las bases para el futuro desarrollo metodológico.
 - El Capítulo 8 se ocupa de la estimación de emisiones y absorciones procedentes de asentamientos. En secciones aparte se tratan los temas *Asentamientos que permanecen como tales* y *Tierras convertidas en asentamientos*.
 - El Capítulo 9 se refiere a «Otras Tierras», en que se incluyen zonas de suelo desnudo, roca y hielo, además de todas las zonas de tierras que no pertenecen a las otras cinco categorías de uso de la tierra comprendidas en los Capítulos 4 a 8. Dado que no se declaran las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero de tierras no gestionadas, los métodos y la orientación de este capítulo se aplican solamente a las «*Tierras convertidas en otras tierras*»; por ejemplo, la extrema degradación de tierras forestales, de cultivo o pastizales a tierra yerma que ya no se emplea con propósitos útiles.
- El Capítulo 10 ofrece orientación sobre emisiones relacionadas con el ganado, incluidas las emisiones de metano procedentes de la fermentación entérica y las emisiones (directas e indirectas) de CH₄ y N₂O de la gestión del estiércol.
- El Capítulo 11 brinda orientación respecto de fuentes de emisión de suelos gestionados, fundamentalmente en lo que tiene relación con la aplicación de fertilizantes, residuos de cosechas, estiércol, cal y uso de urea en los suelos. Específicamente, se ofrecen métodos y orientación para la estimación de las emisiones de N₂O de suelos gestionados y las emisiones de CO₂ resultantes del encalado y las aplicaciones de urea. Habitualmente, los datos de la actividad de estas fuentes no se desglosan por los distintos usos de la tierra; por lo tanto, los métodos del Nivel 1 se basan en datos agregados (nacionales).
- El Capítulo 12 ofrece orientación metodológica para la estimación de los cambios en las existencias de C y de las emisiones de productos de madera recolectada, siendo neutral en lo que se refiere a los múltiples métodos alternativos a la estimación de inventario que se suministran.

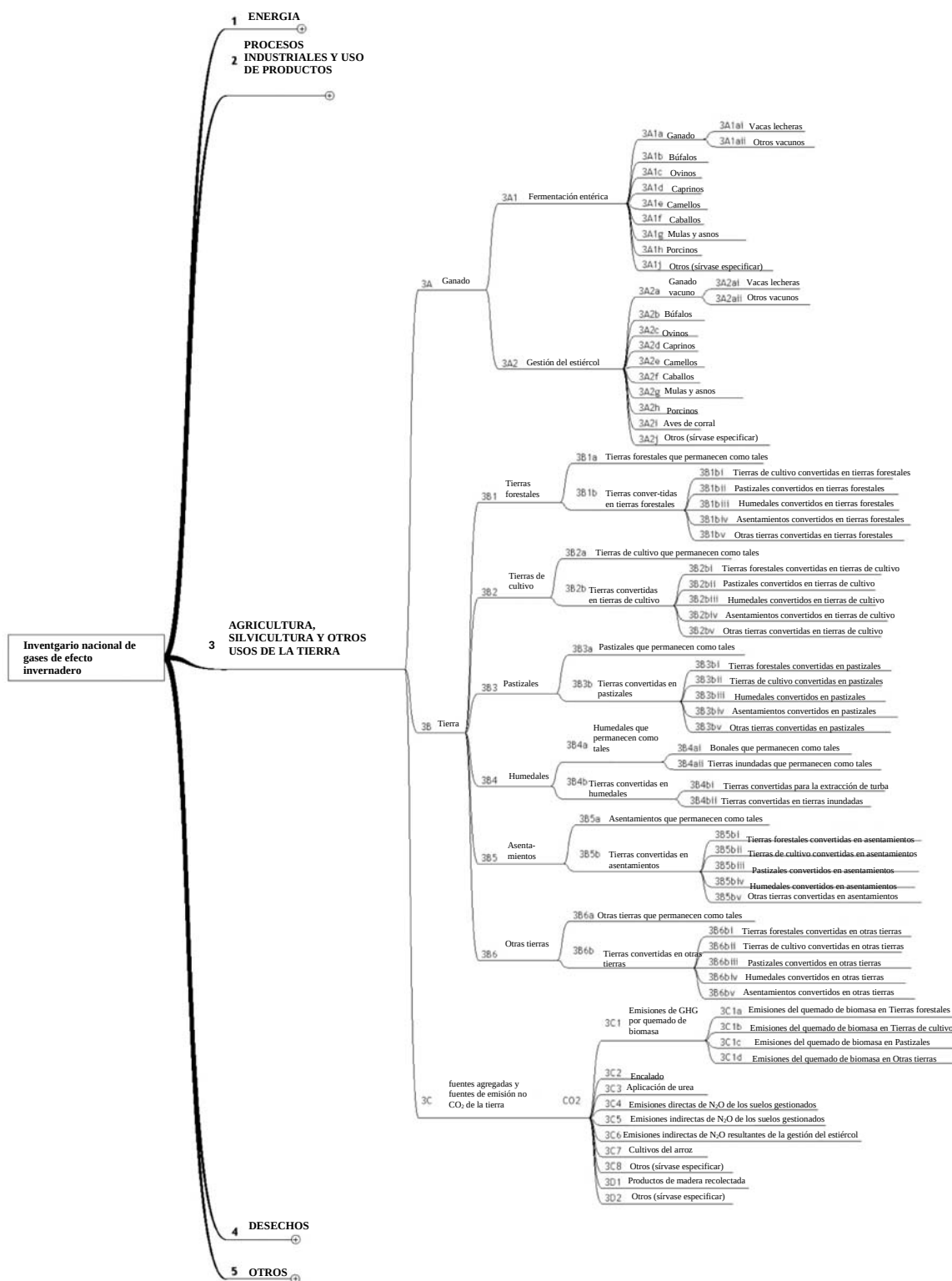
La Figura 1.4 presenta la estructura para la generación de informes de AFOLU con las categorías (incluidos los códigos de categoría) listadas en el Cuadro 8.2 del Volumen 1.

En el Anexo 1 se presentan hojas de cálculo para cada sub-categoría que pueden utilizarse para estimar las emisiones basadas en los métodos del Nivel 1, así como factores y datos de la actividad apropiados en cuanto a emisión/cambios en las existencias. Los Cuadros para generación de informes relativas a las emisiones/absorciones de gases de efecto invernadero en los niveles sectorial y nacional se incluyen en el Volumen 1 del Capítulo 8 de las Directrices.

El Anexo 2 es el resumen de todas las ecuaciones de AFOLU y sirve como referencia rápida para quienes compilan el inventario.

En el Cuadro 1.2 se suministra información resumida respecto de cuáles son los depósitos de carbono y las actividades que emiten gases no CO₂ en cada una de las categorías de uso de la tierra que tratan los métodos del Nivel 1; a cuál es la sección del Volumen AFOLU en la que se analiza la orientación, y su referencia a las *Directrices del IPCC de 1996*.

Figura 1.4 Estructura de la declaración para el sector AFOLU



CUADRO 1.2 CATEGORÍAS DE USO DE LA TIERRA, DEPÓSITOS DE CARBONO Y GASES NO CO₂ A ESTIMAR BAJO EL NIVEL 1, SU PERTENENCIA RESPECTO DE LAS SECCIONES DE AFOLU, Y LA REFERENCIA A LAS *DIRECTRICES DEL IPCC DE 1996*.

Categoría de uso de la tierra/ Capítulo	Subcategoría	Depósito de C y gases no CO₂	Sección de Métodos	Método del Capítulo 2	Enlace con las Directrices del IPCC de 1996	Método del Nivel 1
Tierras forestales (Capítulo 4)	Tierras forestales que permanecen como tales (FF)	Biomasa aérea	4.2.1	2.3.1.1	5A	⊕
		Biomasa subterránea	4.2.1	2.3.1.1	NE	⊕
		Materia orgánica muerta	4.2.2	2.3.2.1	NE	0
		Carbono del suelo	4.2.3	2.3.3.1	5D	⊕ ¹
		No CO ₂ del quemado de biomasa	4.2.4	2.4.1	NE	⊕
	Tierras convertidas en tierras forestales (LF)	Biomasa aérea	4.3.1	2.3.1.2	5A, 5C	⊕
		Biomasa subterránea	4.3.1	2.3.1.2	NE	⊕
		Materia orgánica muerta	4.3.2	2.3.2.2	NE	⊕
		Carbono del suelo	4.3.3	2.3.3.1	5D	⊕
		No CO ₂ del quemado de biomasa	4.3.4	2.4.1	4E, 4F	⊕
Tierras de cultivo (Capítulo 5)	Tierras de cultivo que permanecen como tales (CC)	Biomasa aérea	5.2.1	2.3.1.1	5A	⊕
		Materia orgánica muerta	5.2.2	2.3.2.1	NE	0
		Carbono del suelo	5.2.3	2.3.3.1	5D	⊕
		No CO ₂ del quemado de residuos de cultivos	5.2.4	2.4.1	4F	⊕
		Emisiones de metano del arroz	5.5	-	4C	⊕
	Tierras convertidas en tierras de cultivo (LC)	Biomasa aérea	5.3.1	2.3.1.2	5B	⊕
		Materia orgánica muerta	5.3.2	2.3.2.2	NE	⊕
		Carbono del suelo	5.3.3	2.3.3.1	5D	⊕
		No CO ₂ del quemado de biomasa (residuos de cultivos)	5.3.4	2.4	4E, 5B	⊕

CUADRO 1.2 (CONTINUACIÓN) CATEGORÍAS DE USO DE LA TIERRA, DEPÓSITOS DE CARBONO Y GASES NO CO ₂ A ESTIMAR BAJO EL NIVEL 1, SU PERTENENCIA RESPECTO DE LAS SECCIONES DE AFOLU, Y LA REFERENCIA A LAS <i>DIRECTRICES DEL IPCC DE 1996</i>						
Categoría de uso de la tierra/ Capítulo	Subcategoría	Depósito de C y gases no CO ₂	Sección de Métodos	Método del Capítulo 2	Enlace con las <i>Directrices del IPCC de 1996</i>	Método del Nivel 1
Pastizales (Capítulo 6)	Pastizales que permanecen como tales (GG)	Biomasa aérea	6.2.1	2.3.1.1	5A	0
		Materia orgánica muerta	6.2.2	2.3.2.1	NE	0
		Carbono del suelo	6.2.3	2.3.3.1	5D	⊕
		No CO ₂ del quemado de biomasa	6.2.4	2.4	LF	⊕
	Tierras convertidas en pastizales (LG)	Biomasa aérea	6.3.1	2.3.1.2	5B	⊕
		Materia orgánica muerta	6.3.2	2.3.2.2	NE	⊕
		Carbono del suelo	6.3.3	2.3.3.1	5D	⊕
		No CO ₂ del quemado de biomasa	6.3.4	2.4	4F, 5B	⊕
Humedales (Capítulo 7)	Bonales que permanecen como tales.	Emisiones de CO ₂	7.2.1.1	-	NE	⊕
		Emisiones de no CO ₂	7.2.1.2	-	NE	⊕
	Tierras en conversión para la extracción de turba	Emisiones de CO ₂	7.2.2.1	-	NE	NA
		Emisiones de no CO ₂	7.2.2.2	-	NE	⊕
	Tierras inundadas que permanecen como tales	Emisiones de CO ₂	NG	-	NE	⊕
		Emisiones de no CO ₂	Apéndice 3	-		⊕
	Tierras convertidas en tierras inundadas	Emisiones de CO ₂	7.3.2 Apéndice 2	-	NE	⊕
		Emisiones de no CO ₂	Apéndice 3	-		⊕
Asentamientos (Capítulo 8)	Asentamientos que permanecen como tales (SS)	Biomasa aérea	8.2.1	2.3.1.1	5A	0
		Materia orgánica muerta	8.2.2	2.3.2.1	NE	0
		Carbono del suelo	8.2.3	2.3.3.1	NE	⊕ ¹
	Tierras convertidas en asentamientos (LS)	Biomasa aérea	8.3.1	2.3.1.2	5B	⊕
		Materia orgánica muerta	8.3.2	2.3.2.2	NE	⊕
		Carbono del suelo	8.3.3	2.3.3.1	NE	⊕
Otras tierras (Capítulo 9)	Tierras convertidas en otras tierras	Biomasa aérea	9.3.1	2.3.1.2	5B	⊕
		Materia orgánica muerta	9.3.2	2.3.2.2	NE	NA
		Carbono del suelo	9.3.3	2.3.3.1	NE	⊕

CUADRO 1.2 (CONTINUACIÓN) CATEGORÍAS DE USO DE LA TIERRA, DEPÓSITOS DE CARBONO Y GASES NO CO₂ A ESTIMAR BAJO EL NIVEL 1, SU PERTENENCIA RESPECTO DE + LAS SECCIONES DE AFOLU, Y LA REFERENCIA A LAS <i>DIRECTRICES DEL IPCC DE 1996</i>						
Categoría de uso de la tierra/ Capítulo	Subcategoría	Depósito de C y gases no CO₂	Sección de Métodos	Método del Capítulo 2	Enlace con las <i>Directrices del IPCC de 1996</i>	Método del Nivel 1
Ganado (Capítulo 10)	Fermentación entérica	Emisiones de CH ₄	10.3	-	4A	⊕
	Gestión del estiércol	Emisiones de CH ₄	10.4	-	4B	⊕
		Emisiones de N ₂ O	10.5	-	4B	⊕
Tierras gestionadas (Capítulo 11)	Gestión del suelo	Emisiones de N ₂ O	11.2	-	4D	⊕
	Encalado	Emisiones de CO ₂	11.3	-	–	⊕
	Fertilización con urea	Emisiones de CO ₂	11.4	-	NE	⊕
Productos de madera recolectada (Capítulo 12)	Productos leñosos	Cambios en las existencias de C	Capítulo 12	-	NE	⊕ ²
Las <i>Directrices del IPCC de 1996</i> cubren las siguientes categorías: 5A Cambios las existencias forestales y en otras biomásas madereras; 5B Conversión de tierras forestales y pastizales; 5C Abandono de tierras gestionadas; 5D Emisiones y absorciones de suelos, y 5E Otras (Instrucciones para la generación de informes p. 1.14 – 1.16) NE: no estimado bajo el método por defecto de las <i>Directrices del IPCC de 1996</i> NG – no se brinda orientación en las <i>Directrices</i> Notas de la columna «Método del Nivel 1»: ⊕ - Los métodos y los parámetros por defecto del Nivel 1 se encuentran disponibles en las <i>Directrices</i>. 0 = La hipótesis (por defecto) en el Nivel 1 es que las emisiones son inexistentes o están en equilibrio; no se suministran métodos ni parámetros en las <i>Directrices</i>. 1 = Los parámetros del Nivel 1 y por defecto están disponibles sólo para suelos orgánicos. 2 = Método del Nivel 1 disponible para estimar las variables de los GP que pueden utilizarse para calcular el aporte de los PMR al sector AFOLU. NA – no se aplica						

Anexo 1A Antecedentes históricos sobre la orientación del IPCC referida al inventario de gases de efecto invernadero para el Sector AFOLU

1A.1 *Directrices del IPCC, versión revisada en 1996*

Las categorías de emisión y absorción cubiertas conjuntamente en el Volumen 4 de las *Directrices del IPCC de 2006* estaban previamente separadas en los diferentes capítulos de las *Directrices del IPCC de 1996* (IPCC, 1997). Capítulo 4 (Agricultura) y Capítulo 5 (Cambios de uso de la tierra y la silvicultura – LUCF, del inglés *Land-Use Change and Forestry*). Las bases fundamentales para la metodología de LUCF se fundamentaron en dos temas interrelacionados: i) que el flujo de CO₂ hacia y desde la atmósfera se puede equiparar con los cambios en el carbono almacenado en tierra y en los depósitos de carbono, y ii) los cambios en las existencias de carbono se pueden estimar determinando cuál fue el uso y la gestión de la tierra (p. ej. tala, quema, labores de cultivo, pastoreo, etc.) en distintos momentos. A partir de allí, se aplican hipótesis simples respecto de su impacto sobre las existencias de carbono y la respuesta biológica a un sistema dado de uso y gestión de la tierra. En contraposición con lo antedicho, el capítulo sobre Agricultura se ocupaba únicamente de las estimaciones directas de flujos de diferentes categorías de fuentes y, por ende, no incorporaba el concepto de cambios en las existencias.

AGRICULTURA (CAPÍTULO 4 DE LAS *DIRECTRICES DEL IPCC*, VERSIÓN REVISADA EN 1996)

Las *Directrices del IPCC de 1996* se concentraban en las actividades relacionadas con los sistemas agrícolas gestionados y que constituyen fuentes potencialmente grandes de emisiones en un país dado, incluyendo:

- **Emisiones de CH₄ producidas por la fermentación entérica en ganado doméstico.** El metano se produce como subproducto de la fermentación entérica, por lo que los rumiantes (p. ej. vacunos, ovinos) constituyen la principal fuente, aunque hay animales no rumiantes (p. ej. cerdos, caballos) que también emiten CH₄.
- **Emisiones de CH₄ y N₂O resultantes de la gestión del estiércol.** El metano se produce a partir de la descomposición del estiércol bajo condiciones anaeróbicas, mientras que el N₂O lo hace bajo condiciones aeróbicas o de una mezcla de condiciones aeróbicas y anaeróbicas. Consecuentemente, las emisiones de cada gas dependen del tipo de estiércol y del sistema de almacenamiento.
- **Emisiones de CH₄ del cultivo del arroz.** La descomposición anaeróbica de material orgánico en los arrozales inundados produce metano, que se libera a la atmósfera fundamentalmente a través de burbujas de agua y mediante el transporte a través de las plantas del arroz. La cantidad emitida está en función de las especies de arroz, de la cantidad y la duración de las cosechas, del tipo y la temperatura del suelo, del método de irrigación y del uso de fertilizantes.
- **Emisiones de CH₄, N₂O, CO y NO_x producidas por el quemado recomendado de sabanas (o de otros tipos de pastizales) y de residuos de cultivos.** El quemado de sabanas y de residuos de cultivos no genera una liberación neta de CO₂ a la atmósfera porque la vegetación vuelve a crecer entre los ciclos de quemado. No obstante, el quemado libera otros gases que son fuentes directas o indirectas de gases de efecto invernadero, incluidos CH₄, N₂O, CO y NO_x.
- **Emisiones de N₂O del suelo.** Producidas a través de procesos microbianos en el suelo, las emisiones son el resultado, en su mayor parte, de la cantidad de nitrógeno que se agrega a los suelos en forma de (1) fertilizantes sintéticos, (2) residuos animales, (3) fijación biológica, (4) residuos de cultivos y (5) barros de aguas servidas u otros agregados orgánicos de N, que pueden emitirse «directamente» cuando se aplica el N o «indirectamente» de N lixiviado como NO₃ o volatilizado como NH₃ y NO_x y vuelto a depositar en otros lugares.

LUCF (CAPÍTULO 5 DE LAS *DIRECTRICES DEL IPCC*, VERSIÓN REVISADA EN 1996)

Los métodos de inventario de los Cambios de uso de la tierra y la silvicultura (LUCF) se centran en los cambios más importantes del uso y la gestión de la tierra que se producen como resultado de las emisiones y absorciones de CO₂, incluidas cuatro categorías generales:

- **Cambios en las existencias de bosques y de otras biomásas madereras.** Los efectos de la interacción humana con los productos forestales y madereros se consideran dentro de una amplia categoría que incluye la gestión comercial, la cosecha de rollizos (leños) y de madera combustible, la producción y el uso de productos básicos madereros, y el establecimiento y la operación de plantaciones forestales, así como la plantación de árboles en ubicaciones urbanas, comunales y otras no forestales.
- **Conversión de bosques y pastizales.** La conversión de bosques y pastizales en tierras de pastura, de cultivo o para otros usos de gestión de la tierra pueden reducir significativamente las reservas de carbono de la biomasa y de los suelos. La deforestación es un ejemplo de este tipo de conversión.
- **Abandono de tierras gestionadas (tierras de cultivo, praderas, bosques de plantación u otras tierras gestionadas).** A menudo, las tierras abandonadas acumulan carbono en la biomasa y en los suelos con el correr del tiempo, en particular si las condiciones se aproximan a las que se encuentran en los pastizales y los bosques naturales.
- **Emisiones y absorciones de CO₂ de los suelos.** Los cambios en la gestión pueden alterar las emisiones y las absorciones de CO₂ de los suelos, particularmente a través de la adopción de prácticas de conservación o mediante el incremento de la producción de cultivos y forraje.

Las *Directrices del IPCC de 1996* describen brevemente aspectos generales y abordajes metodológicos para otras categorías posibles, tales como biomasa subterránea, perturbaciones naturales (incluidos incendios), rotación de cultivos e inundación y drenaje de humedales. Asimismo, los métodos se referían a la liberación de gases traza no CO₂ (CH₄, CO, N₂O, NO_x) de la incineración abierta de biomasa por desmonte forestal.

1A.2 Orientación para las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (GPG2000)

En la *GPG2000* (IPCC, 2000) se suministró información adicional a las *Directrices del IPCC de 1996* a fin de mejorar la transparencia del inventario, la documentación, la coherencia a través del tiempo, la exhaustividad y la comparabilidad. Además, la *GPG2000* proporcionó métodos para abordar las incertidumbres y para implementar el control y la garantía de calidad. En el Sector de la Agricultura, se ofreció orientación respecto de todas las fuentes de emisión incluidas en la *Directrices del IPCC de 1996* (véase lo citado precedentemente).

La *GPG2000* introdujo un método para identificar las fuentes principales a las que debería asignarse alta prioridad debido a su significación al afectar el nivel absoluto o la tendencia de las emisiones, su incertidumbre, o los factores cualitativos, tales como las estimaciones inesperadamente altas o bajas. El objetivo de este método es brindar una orientación práctica sobre cómo desarrollar un inventario nacional con un uso eficiente de los recursos, y a la vez identificar fuentes que sean candidatas para usar un método de estimación más detallado (de nivel superior).

1A.3 Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambios de uso de la tierra y silvicultura (GPG-LULUCF, del inglés, *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*)

La *GPG-LULUCF* (IPCC, 2003) fue elaborada sobre la base de las *Directrices del IPCC de 1996* para adoptar un método basado en las categorías de uso de la tierra a fin de organizar las metodologías y las *buenas prácticas* relacionadas con la estimación de las emisiones y absorciones del Sector Uso de la Tierra, Cambios de uso de la tierra y Silvicultura (LULUCF), incluidas las Tierras forestales, las tierras de cultivo, los pastizales, los humedales, los asentamientos y las otras tierras. A su vez, cada una de las categorías de uso de la tierra se subdividió en la tierra remanente en esa categoría (p. ej. *tierras forestales que permanecen como tales*) o tierras

que se convierten de una categoría a otra (p. ej. tierra forestal que se convierte en tierra de cultivo). Los métodos para estimar los cambios en las existencias de carbono relacionados con los productos de madera recolectada (PMR) se incluyeron como apéndice, para reflejar los aspectos aún no resueltos y las negociaciones que se están realizando en cuanto a si se incluyen los PMR en los inventarios nacionales. Como sucedió con la *GPG2000*, en la *GPG-LULUCF* se adoptó el método de Niveles jerárquicos para las descripciones de los métodos, así como el concepto de categorías principales de fuentes y, de manera similar, se incluyó orientación sobre garantía de calidad/control de calidad (GC/CC), reconstrucción de datos faltantes, coherencia de la serie temporal, técnicas de muestreo, cuantificación y combinación de incertidumbres, y verificación.

Referencias

- IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories. Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Tréanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. Callander B.A. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA, Paris, France.
- IPCC (2000). Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K., Tanabe K. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan.
- IPCC (2003). Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Penman J., Gytarsky M., Hiraishi T., Krug, T., Kruger D., Pipatti R., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K., Wagner F. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/IGES, Hayama, Japan.

CAPÍTULO 2

METODOLOGÍAS GENÉRICAS APLICABLES A MÚLTIPLES CATEGORÍAS DE USO DE LA TIERRA

Autores

Harald Aalde (Noruega), Patrick Gonzalez (Estados Unidos), Michael Gytarsky (Federación Rusa), Thelma Krug (Brasil), Werner A. Kurz (Canadá), Rodel D. Lasco (Filipinas), Daniel L. Martino (Uruguay), Brian G. McConkey (Canadá), Stephen Ogle (Estados Unidos), Keith Paustian (EE.UU.), John Raison (Australia), N.H. Ravindranath (India), Dieter Schoene (FAO), Pete Smith (Reino Unido), Zoltan Somogyi (Comisión Europea/Hungría), Andre van Amstel (Países Bajos) y Louis Verchot (ICRAF/Estados Unidos)

Índice

2.2.1	Perspectiva general de la estimación de cambios en las existencias de carbono	6
2.2.2	Perspectiva general de la estimación de emisiones de no CO ₂	10
2.2.3	Conversión de cambios de existencias de C a emisiones de CO ₂	11
2.3.1	Cambio en las existencias de carbono de la biomasa (biomasa aérea y subterránea)	12
2.3.2	Cambios de las existencias de carbono en materia orgánica muerta	23
2.3.3	Cambios en las existencias de carbono de los suelos	32
2.5.1	Inventarios de Nivel 3 basados en mediciones	56
2.5.2	Inventarios de Nivel 3 basados en modelos	58
	Referencias	61

Ecuaciones

Ecuación 2.1	Cambios en las existencias anuales de carbono para todo el sector AFOLU estimadas como la suma de los cambios en todas las categorías de uso de la tierra	7
Ecuación 2.2	Cambios en las existencias anuales de carbono para una categoría de uso de la tierra como la suma de los cambios de cada uno de los estratos dentro de la categoría	7
Ecuación 2.3	Cambios en las existencias anuales de carbono para un estrato de una categoría de uso de la tierra como la suma de los cambios de todos los depósitos	7
Ecuación 2.4	Cambios en las existencias anuales de carbono de un depósito dado en función de las pérdidas y las ganancias (Método de pérdidas y ganancias)	10
Ecuación 2.5	Cambios en las existencias de carbono en un depósito dado según la diferencia anual promedio entre estimaciones en dos momentos diferentes (Método de diferencia de existencias)	10
Ecuación 2.6	Emisiones de no CO ₂ a la atmósfera	11
Ecuación 2.7	Cambio anual de las existencias de carbono en biomasa en tierras que permanecen en una categoría en particular de uso de la tierra (Método de pérdidas y ganancias)	12
Ecuación 2.8	Cambio anual de las existencias de carbono de la biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra (Método de diferencia de existencias)	13
Ecuación 2.9	Incremento anual de las existencias de carbono en biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra	16
Ecuación 2.10	Incrementos anuales promedio de la biomasa	16
Ecuación 2.11	Reducción anual de las existencias de carbono en biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra (Método de diferencia de existencias)	17
Ecuación 2.12	Pérdida anual de carbono en la biomasa por remociones de bosques	18
Ecuación 2.13	Pérdida anual de carbono en la biomasa por remociones de madera combustible	18
Ecuación 2.14	Pérdidas anuales de carbono en la biomasa debidas a perturbaciones	19
Ecuación 2.15	Cambio anual en las existencias de carbono en biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra (Nivel 2)	22

Ecuación 2.16 Cambio inicial en las existencias de carbono en la biomasa de tierras convertidas a otra categoría de tierra.....	22
Ecuación 2.17 Cambio anual en los inventarios de carbono de la materia orgánica muerta.....	24
Ecuación 2.18 Cambio anual en los inventarios de carbono de la madera muerta o la hojarasca (Método de pérdidas y ganancias).....	26
Ecuación 2.19 Cambio anual en las existencias de carbono en madera muerta u hojarasca (Método de diferencia de existencias)	26
Ecuación 2.20 Carbono anual de la biomasa que se transfiere a materia orgánica muerta	27
Ecuación 2.21 Pérdidas anuales de carbono en la biomasa debidas a mortalidad.....	28
Ecuación 2.22 Transferencia anual de carbono a broza	28
Ecuación 2.23 Cambio anual en las existencias de carbono en madera muerta y hojarasca debido a la conversión en el uso de la tierra	29
Ecuación 2.24 Cambio anual en las existencias de carbono de los suelos	33
Ecuación 2.25 Cambio anual en las existencias de carbono orgánico en suelos minerales.....	34
Ecuación 2.26 Pérdida anual de carbono de suelos orgánicos drenados (CO ₂).....	40
Ecuación 2.27 Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero a causa del fuego	48

Figuras

Figura 2.1 Ciclo de carbono generalizado de los ecosistemas terrestres de AFOLU donde se aprecian los flujos de carbono al y del sistema, así como entre los cinco depósitos dentro del sistema.	8
Figura 2.2 Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en biomasa en una categoría de uso de la tierra.	15
Figura 2.3 Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en materia orgánica muerta en una categoría de uso de la tierra.	25
Figura 2.4 Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en suelos minerales por categoría de uso de la tierra.	37
Figura 2.5 Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en suelos orgánicos por categoría de uso de la tierra.....	38
Figura 2.6 Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero provocadas por incendios en una categoría de uso de la tierra.	50
Figura 2.7 Etapas para desarrollar un sistema de estimación de inventario de Nivel 3 basado en modelos	59

Cuadros

Cuadro 2.1 Ejemplo de una matriz simple (Nivel 2) para los impactos de perturbaciones en depósitos de carbono	21
Cuadro 2.2 Valores por defecto del Nivel 1 para existencias de carbono en hojarasca y madera muerta.....	31
Cuadro 2.3 Referencia por defecto (en caso de vegetación nativa) de existencias de c orgánico (SOC _{REF}) para suelos minerales (ton C ha ⁻¹ entre 0 y 30 cm de profundidad)	36

Cuadro 2.4 Valores de consumo de combustible (materia orgánica muerta más biomasa viva) (ton materia seca ⁻¹) provocado por incendios en distintos tipos de vegetación.....	51
Cuadro 2.4 (continuación) Valores de consumo de combustible (materia orgánica muerta más biomasa viva) (ton materia seca ⁻¹) provocado por incendios en distintos tipos de vegetación.....	52
Cuadro 2.5 Factores de emisión (g kg ⁻¹ de materia seca quemada) para distintos tipos de quemado. Los valores son medias $\pm$ SD y se basan en una revisión exhaustiva de Andreae y Merlet (2001).	53
Cuadro 2.6 Valores de los factores de combustión (proporción de la biomasa combustible previa al incendio consumida) para incendios en diferentes tipos de vegetación.....	54
Cuadro 2.6 (continuación) Valores de los factores de combustión (proporción de la biomasa combustib le previa al incendio consumida) para incendios en diferentes tipos de vegetación.....	55

Recuadros

Recuadro 2.1 Formulaciones alternativas de la Ecuación 2.25 para los datos de la actividad del Método 1 versus los datos de la actividad de los Métodos 2 o 3 con matrices de transición	39

2 METODOLOGÍAS GENÉRICAS APLICABLES A MÚLTIPLES CATEGORÍAS DE USO DE LA TIERRA

2.1 INTRODUCCIÓN

Los métodos para estimar las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero en el Sector de la agricultura, la silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU, del inglés *Agriculture, Forestry and Other Land Use*) se pueden dividir en dos categorías generales: 1) métodos que se pueden aplicar de manera similar para todos los tipos de uso de la tierra (es decir, métodos genéricos para tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales, humedales, asentamientos y otras tierras); y 2) métodos que sólo se aplican a un único uso de la tierra y que se aplican a los datos agregados a nivel nacional, sin especificarse el uso de la tierra. En el Capítulo 2 se presentan fundamentalmente descripciones de metodologías genéricas bajo la categoría (1) para la estimación de los cambios en las existencias de carbono del ecosistema, así como para la estimación de flujos de no CO₂ producidos por el fuego. Estos métodos pueden aplicarse a cualquiera de las seis categorías de uso de la tierra. La información genérica sobre los métodos incluye:

- el marco general para aplicar los métodos en categorías específicas de uso de la tierra;
- la elección de los métodos, incluidos las ecuaciones y los valores por defecto para los métodos de Nivel 1 para estimar los cambios en las existencias de C y en las emisiones de no CO₂;
- orientación general respecto al uso de métodos de Nivel superior;
- el uso de la Base de datos de factores de emisión (EFDB, del inglés *Emission Factor Data Base*) del IPCC; y
- estimación de la incertidumbre.

Los detalles específicos y la orientación sobre cómo aplicar los métodos para cada una de las categorías de uso de la tierra y de conversión del uso de la tierra, incluida la elección de los factores de emisión, la compilación de los datos de la actividad y la determinación de la incertidumbre, se encuentran en los capítulos sobre categorías específicas de uso de la tierra (véanse los Capítulos 4 a 9). En la orientación sobre cálculos de inventario para cada uso específico de la tierra se hace referencia a este capítulo en cuanto a la descripción de los métodos cuando éstos son genéricos.

2.2 MARCO DEL INVENTARIO

En esta sección se describe un método sistemático para estimar los cambios en las existencias de carbono (y en las emisiones y absorciones de CO₂ relacionadas) producidos por biomasa, materia orgánica muerta y suelos, así como para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero no CO₂ producidas por el fuego. Se incluyen ecuaciones generales que representan el nivel de las categorías y estratos de uso de la tierra, seguidas por una breve descripción de los procesos con ecuaciones más detalladas para los cambios de las existencias de carbono en depósitos específicos por categoría de uso de la tierra. A continuación, se presentan los principios para la estimación de las emisiones de no CO₂ y las ecuaciones en común. Las ecuaciones operativas específicas para estimar emisiones y absorciones en procesos dentro de un depósito o por categoría, que se corresponden directamente con los cálculos de hojas de trabajo, se presentan en las Secciones 2.3 y 2.4.

2.2.1 Perspectiva general de la estimación de cambios en las existencias de carbono

Para el Sector AFOLU, las emisiones y absorciones de CO₂, basadas en los cambios en las existencias de C en el ecosistema, se estiman para cada una de las categorías de uso de la tierra (incluyendo tanto las tierras que permanecen en una categoría dada de uso de la tierra como las que pasan a otra categoría de uso de la tierra). Los cambios en las existencias de carbono se resumen en la Ecuación 2.1.

ECUACIÓN 2.1 CAMBIOS EN LAS EXISTENCIAS ANUALES DE CARBONO PARA TODO EL SECTOR AFOLU ESTIMADAS COMO LA SUMA DE LOS CAMBIOS EN TODAS LAS CATEGORÍAS DE USO DE LA TIERRA

$$\Delta C_{AFOLU} = \Delta C_{FL} + \Delta C_{CL} + \Delta C_{GL} + \Delta C_{WL} + \Delta C_{SL} + \Delta C_{OL}$$

Donde:

ΔC = cambio en las existencias de carbono

Los índices se refieren a las siguientes categorías de uso de la tierra:

AFOLU = Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra

FL = Tierras forestales

CL = Tierras de cultivo

GL = Pastizales

WL = Humedales

SL = Asentamientos

OL = Otras tierras

Para cada una de las categorías de uso de la tierra, los cambios en las existencias de carbono se estiman respecto a todos los estratos o subdivisiones de la superficie de la tierra (p. ej. zona climática, ecotipo, tipo de suelo, régimen de gestión, etc., véase el Capítulo 3) seleccionados para una categoría de uso de la tierra (Ecuación 2.2). Los cambios en las existencias de carbono dentro de un estrato dado se estiman considerando los procesos del ciclo de carbono entre los cinco depósitos de carbono, tal como se los define en el Cuadro 1.1 del Capítulo 1. El diagrama de flujo general del ciclo de carbono (Figura 2.1) muestra los cinco depósitos y sus flujos, incluidas las entradas y las salidas del sistema, así como todas las posibles transferencias entre los depósitos. En general, los cambios en las existencias de carbono dentro de un estrato se estiman sumando los cambios de todos los depósitos, como se muestra en la Ecuación 2.3. Por otra parte, los cambios en las existencias de carbono del suelo se pueden desagregar en cambios de existencias de C en suelos minerales y emisiones de suelos orgánicos. También se incluyen, como un depósito adicional, los productos de madera recolectada (PMR).

ECUACIÓN 2.2 CAMBIOS EN LAS EXISTENCIAS ANUALES DE CARBONO PARA UNA CATEGORÍA DE USO DE LA TIERRA COMO LA SUMA DE LOS CAMBIOS DE CADA UNO DE LOS ESTRATOS DENTRO DE LA CATEGORÍA

$$\Delta C_{LU} = \sum_i \Delta C_{LU_i}$$

Donde:

ΔC_{LU} = cambios en las existencias de carbono para una categoría de uso de la tierra (LU, del inglés *land use*) según lo definido en la Ecuación 2.1.

i = indica un estrato o una subdivisión específicos dentro de la categoría de uso de la tierra (por combinación de especies, zonas climáticas, ecotipos, regímenes de gestión, etc., véase el Capítulo 3), $i = 1$ a n .

ECUACIÓN 2.3 CAMBIOS EN LAS EXISTENCIAS ANUALES DE CARBONO PARA UN ESTRATO DE UNA CATEGORÍA DE USO DE LA TIERRA COMO LA SUMA DE LOS CAMBIOS DE TODOS LOS DEPÓSITOS

$$\Delta C_{LU_i} = \Delta C_{AB} + \Delta C_{BB} + \Delta C_{DW} + \Delta C_{LI} + \Delta C_{SO} + \Delta C_{HWP}$$

Donde:

ΔC_{LU_i} = cambios en las existencias de carbono para un estrato de una categoría de uso de la tierra

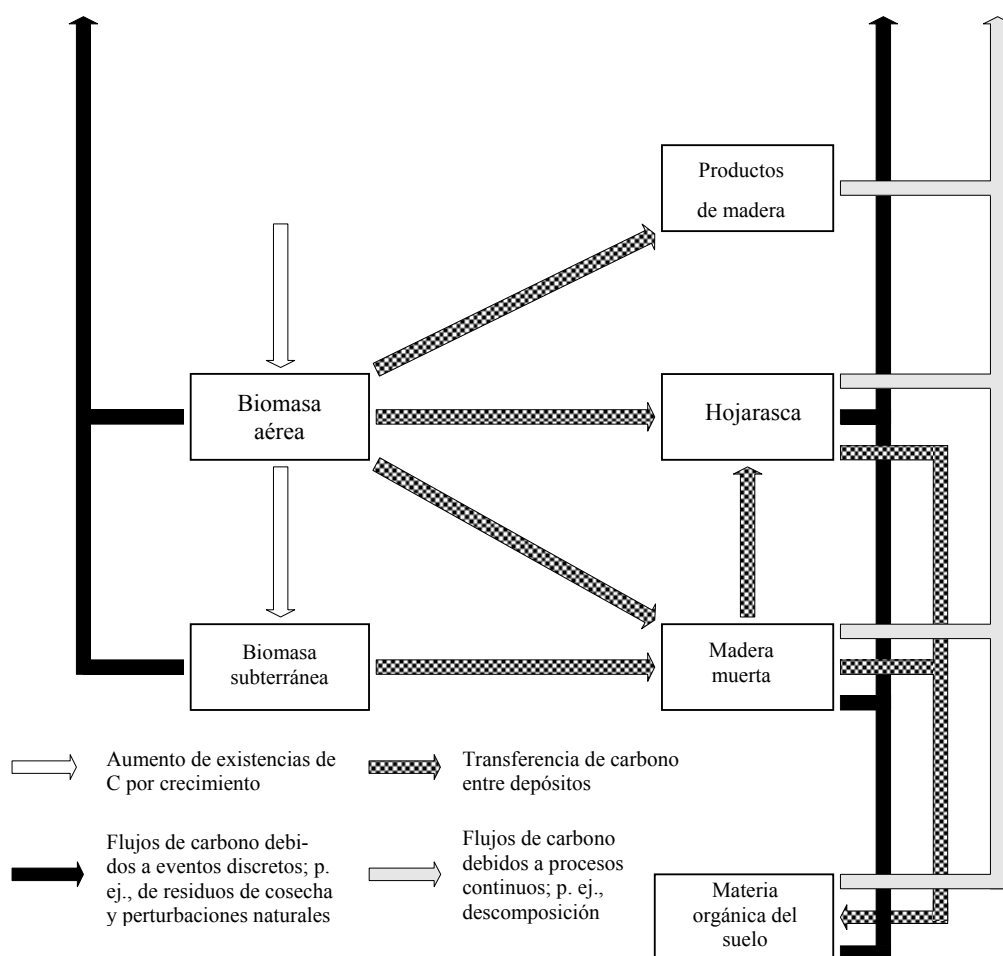
Los subíndices se refieren a los siguientes depósitos de carbono:

AB = biomasa aérea

BB = biomasa subterránea
 DW = madera muerta
 LI = hojarasca
 SO = suelos
 PMR = productos de madera recolectada

La forma de estimar los cambios en los depósitos y los flujos de carbono depende de la disponibilidad de datos y modelos, así como de los recursos y de la capacidad para recopilar y analizar información adicional (Véase el Capítulo 1, Sección 1.3.3 respecto al análisis de las categorías principales). En el Cuadro 1.1 del Capítulo 1 se esboza cuáles son los depósitos pertinentes para cada categoría de uso de la tierra respecto a los métodos del Nivel 1, incluidas las referencias cruzadas a cuadros de generación de informes. Según las circunstancias del país y de cuáles sean los niveles elegidos, quizá no puedan estimarse los cambios de las existencias de todos los depósitos que se indican en la Ecuación 2.3. Dadas las limitaciones a la hora de derivar conjuntos de datos por defecto que sirvan de base para la estimación de algunos cambios de existencias, los métodos del Nivel 1 incluyen varias hipótesis con propósitos de simplificación:

Figura 2.1 Ciclo de carbono generalizado de los ecosistemas terrestres de AFOLU donde se aprecian los flujos de carbono al y del sistema, así como entre los cinco depósitos dentro del sistema.



- se supone que los cambios en las existencias de C de la biomasa subterránea equivalen a cero bajo el Nivel 1 (bajo el Nivel 2, pueden usarse datos específicos de proporciones entre biomasa subterránea y aérea para estimar los cambios en las existencias subterráneas);
- a menudo, bajo el Nivel 1, los depósitos de madera muerta y de hojarasca se agrupan como «materia orgánica muerta» (véase lo analizado más adelante); y
- se supone que las existencias de materia orgánica son equivalentes a cero para las categorías de uso de la tierra, a excepción de las forestales, bajo el Nivel 1. Para las tierras forestales convertidas a otros usos, los valores por defecto para estimar las existencias de carbono en la materia orgánica muerta se presentan en el Nivel 1.

El ciclo de carbono incluye cambios en las existencias de carbono debidos a procesos continuos (a saber, crecimiento, desgaste) y a eventos diferenciados (es decir, perturbaciones como cosechas, incendios, ataques de insectos, cambios en el uso de la tierra y otros). Los procesos continuos pueden afectar a las existencias de carbono de todas las áreas año tras año, mientras que los eventos diferenciados (es decir, las perturbaciones) producen emisiones y redistribuyen el carbono del ecosistema en áreas específicas (es decir, donde se produce la perturbación) y en el año en el que se produce el evento.

Las perturbaciones pueden también tener efectos de larga duración, como la desintegración de árboles derribados por el viento o quemados. En pro de la practicidad, en los métodos del Nivel 1 se supone que todas las emisiones post-perturbaciones (a excepción de la remoción de productos de madera recolectada) se estiman como parte del evento de perturbación; es decir, en el año de la perturbación. Por ejemplo, en lugar de estimarse la degradación de la materia orgánica muerta que queda después de una perturbación durante varios años, todas las emisiones post-perturbación se estiman en el año del evento.

Bajo el Nivel 1, se supone que la velocidad promedio de transferencia a materia orgánica muerta (madera muerta y hojarasca) es equivalente a la velocidad promedio de transferencia de materia orgánica muerta, por lo que el cambio neto de las existencias es nulo. Este supuesto significa que no es necesario cuantificar las existencias de carbono en la materia orgánica muerta (madera muerta y hojarasca) para el Nivel 1 en lo referido a tierras que permanecen en una categoría dada de uso de la tierra¹. La razón que sustenta este método es que las existencias de materia orgánica muerta, en particular la madera muerta, son muy variables y específicas del sitio, según el tipo y la edad del bosque, de los antecedentes en cuanto a perturbaciones y de cómo se lo gestione. Además, los datos de que se dispone sobre descomposición de restos leñosos brutos son escasos y, por ende, se consideró que no se pueden desarrollar factores y estimaciones de incertidumbre por defecto que resulten aplicables a nivel mundial. Se aconseja a los países que experimentan cambios significativos en los tipos de bosques, en perturbaciones o regímenes de gestión de sus bosques que desarrollen datos locales para estimar el impacto de estos cambios empleando las metodologías de Niveles 2 o 3 y que declaren los cambios resultantes en las existencias de carbono y en las emisiones y absorciones de no CO₂.

Todas las estimaciones de cambios en las existencias de carbono, a saber, crecimiento, transferencias internas y emisiones, son en unidades de carbono para que todos los cálculos resulten coherentes. Inicialmente, los datos sobre existencias, incrementos, cosechas, etc. en la biomasa pueden estar en unidades de materia seca y deberán convertirse en toneladas de carbono para todos los cálculos subsiguientes. Hay dos métodos muy diferentes e igualmente válidos para estimar los cambios de las existencias: 1) el método basado en los procesos, por el que se estiman el balance neto de los agregados a las existencias de carbono y las absorciones de éste; y 2) el método basado en las existencias, por el que se estima la diferencia en existencias de carbono entre dos momentos diferentes.

Los cambios anuales en las existencias de carbono de cualquier depósito pueden estimarse aplicando el método basado en los procesos de la Ecuación 2.4, por la que se establece que se puede aplicar el *Método de pérdidas y ganancias* a todas las pérdidas y ganancias de carbono. Las ganancias pueden atribuirse al crecimiento (aumento de la biomasa) y a la transferencia de carbono de otro depósito (p. ej. transferencia de carbono del depósito de carbono de la biomasa viva al depósito de materia orgánica muerta, debida a la cosecha o a perturbaciones naturales). Las ganancias se marcan siempre con un signo positivo (+). Las pérdidas pueden atribuirse a transferencias de carbono de un depósito a otro (p. ej. el carbono contenido en la broza durante una operación de cosecha es una pérdida del depósito de biomasa aérea), o las emisiones debidas a degradación, cosecha, quemado, etc. Las pérdidas se marcan siempre con un signo negativo (-).

¹ Las emisiones de las existencias de C en la hojarasca se contabilizan bajo el Nivel 1 como conversión de tierras forestales a otros usos de la tierra.

ECUACIÓN 2.4 CAMBIOS EN LAS EXISTENCIAS ANUALES DE CARBONO DE UN DEPÓSITO DADO EN FUNCIÓN DE LAS PÉRDIDAS Y LAS GANANCIAS (MÉTODO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS)

$$\Delta C = \Delta C_G - \Delta C_L$$

Donde:

ΔC = cambio en las existencias anuales de carbono del depósito, ton C año⁻¹

ΔC_G = ganancia anual de carbono, ton C año⁻¹

ΔC_L = pérdida anual de carbono, ton C año⁻¹

Nótese que las absorciones de CO₂ son transferencias de la atmósfera a un depósito, mientras que las emisiones de CO₂ son transferencias de un depósito a la atmósfera. No todas las transferencias implican emisiones o absorciones, ya que toda transferencia de un depósito a otro es una pérdida del depósito donante, pero también una ganancia de igual cantidad para el depósito que la recibe. Por ejemplo, una transferencia del depósito de biomasa aérea al de madera muerta es una pérdida para el depósito de biomasa aérea y una ganancia de la misma magnitud para el depósito de madera muerta, lo que no va a provocar, necesariamente, una emisión de CO₂ inmediata a la atmósfera (según el Nivel que se utilice).

Al método utilizado en la Ecuación 2.4 se le llama *Método de pérdidas y ganancias* porque incluye todos los procesos que traen aparejados cambios en un depósito. A un método alternativo basado en las existencias se le llama *Método de diferencia de existencias* y se lo puede utilizar cuando las existencias de carbono de depósitos pertinentes se miden en dos momentos diferentes para determinar los cambios en las existencias de carbono, como se representa en la Ecuación 2.5.

ECUACIÓN 2.5 CAMBIOS EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO EN UN DEPÓSITO DADO SEGÚN LA DIFERENCIA ANUAL PROMEDIO ENTRE ESTIMACIONES EN DOS MOMENTOS DIFERENTES (MÉTODO DE DIFERENCIA DE EXISTENCIAS)

$$\Delta C = \frac{(C_{t_2} - C_{t_1})}{(t_2 - t_1)}$$

Donde:

ΔC = cambio en las existencias anuales de carbono del depósito, ton C año⁻¹

C_{t_1} = existencias de carbono del depósito en el momento t_1 , ton de C

C_{t_2} = existencias de carbono del depósito en el momento t_2 , ton de C

Si se estiman los cambios en las existencias de carbono en base a hectáreas, entonces el valor se multiplica por el total de la superficie dentro de cada estrato para obtener la estimación del cambio en las existencias del depósito. En algunos casos, los datos de la actividad pueden estar en forma de totales por país (p. ej. madera recolectada), en cuyo caso las estimaciones de cambios de existencias para ese depósito se obtienen directamente de los datos de la actividad una vez aplicados los factores apropiados para la conversión en unidades de masa de C. Cuando se emplea el Método de diferencia de existencias para una categoría específica de uso de la tierra, es importante asegurarse de que la superficie de tierra de esa categoría sea idéntica en los momentos t_1 y t_2 , a fin de evitar la confusión entre estimaciones de cambios de existencias con los de cambios de superficie.

El método de procesamiento se presta para tácticas de modelización en las que se emplean coeficientes derivados de datos de investigación empírica. Estos van a suavizar la variabilidad interanual en mayor medida que el método de cambio de existencias que se basa en la diferencia de estimaciones de existencias entre dos momentos diferentes. Ambos métodos son válidos siempre que sirvan para representar las verdaderas perturbaciones y las tendencias que varían continuamente, y se los puede verificar mediante comparaciones con las mediciones reales.

2.2.2 Perspectiva general de la estimación de emisiones de no CO₂

Las emisiones de no CO₂ se derivan de una variedad de fuentes, incluidas las emisiones de suelos, ganado y estiércol, y de la combustión de biomasa, madera muerta y hojarasca. En contraposición a la forma en la que se

estiman las emisiones de CO₂ a partir de los cambios en las existencias de la biomasa, habitualmente, la estimación de los gases de efecto invernadero de no CO₂ implica una velocidad de emisión desde una fuente directamente a la atmósfera. En general, la velocidad (Ecuación 2.6) está determinada por un factor de emisión para un gas (p. ej. CH₄, N₂O) y una categoría de fuente específicos, así como por una zona (p. ej. por suelo o superficie quemados), población (p. ej. ganado) o masa (p. ej. biomasa o estiércol) que define a la fuente de emisión.

ECUACIÓN 2.6 EMISIONES DE NO CO₂ A LA ATMÓSFERA

$$\text{Emisión} = A \bullet EF$$

Donde:

Emisión = emisiones de no CO₂, ton gas no CO₂

A = datos de la actividad relacionados con la fuente de emisión (puede ser superficie, cantidades de animales o unidad de masa, según el tipo de fuente)

EF = factor de emisión para un gas y una categoría de fuente específicos, ton por unidad de A

Muchas de las emisiones de gases de efecto invernadero no CO₂ se asocian a un uso específico de la tierra (p. ej. las emisiones de CH₄ del arroz) o es típico que se estimen a partir de datos agregados a nivel nacional (p. ej. las emisiones de CH₄ del ganado y las de N₂O de suelos gestionados). En los casos en los que la fuente de emisión se asocia con un único uso de la tierra, la metodología para esa emisión se describe en el capítulo destinado a esa categoría específica de uso de la tierra (p. ej. el metano del arroz en el Capítulo 5 sobre tierras de cultivo). Las emisiones que suelen basarse en datos agregados se analizan en capítulos por separado (p. ej. el Capítulo 10 sobre emisiones relacionadas con el ganado y el Capítulo 11 sobre emisiones de suelos gestionados y emisiones de CO₂ producidas por aplicaciones de encalado y urea). En este capítulo se describen solamente los métodos para estimar las emisiones de no CO₂ (y de CO₂) procedentes de la combustión de biomasa, lo que puede producirse en varias categorías diferentes de uso de la tierra.

2.2.3 Conversión de cambios de existencias de C a emisiones de CO₂

A los efectos de la declaración, los cambios de las categorías de existencias de C (que impliquen transferencias a la atmósfera) se pueden convertir en unidades de emisión de CO₂ multiplicando el cambio en las existencias de C por -44/12. En los casos en que hay una cantidad significativa de cambios en las existencias de carbono que tiene lugar por emisiones de CO y CH₄, entonces estas emisiones de carbono no CO₂ deben restarse de las emisiones o absorciones de CO₂ estimadas utilizando los métodos provistos para la estimación de estos gases. Cuando realicen tales estimaciones, los compiladores del inventario deben determinar cada una de las categorías para asegurar que este carbono no esté ya cubierto en las hipótesis y aproximaciones realizados al estimar las emisiones de CO₂.

Es de hacer notar que no todos los cambios de existencias se corresponden con una emisión. La conversión de C en CO₂ se basa en la relación de pesos moleculares (44/12). El cambio de signo (-) se debe a la convención de que los aumentos de existencias de C, es decir los cambios de existencias positivos (+), representan una absorción (o emisión «negativa») de la atmósfera, mientras que las reducciones en las existencias de C, es decir los cambios negativos (-) en existencias, representan una emisión positiva a la atmósfera.

2.3 MÉTODOS GENÉRICOS PARA EMISIONES Y ABSORCIONES DE CO₂

Como se señalara en la Sección 2.2, generalmente, las emisiones y absorciones de CO₂ dentro del Sector AFOLU se estiman sobre la base de los cambios en las existencias de carbono del ecosistema. Éstos incluyen la biomasa aérea y subterránea, la materia orgánica muerta (a saber, la madera muerta y la hojarasca), y la materia orgánica del suelo. Las pérdidas netas de las existencias de carbono de todo el ecosistema se utilizan para estimar las emisiones de CO₂ a la atmósfera, mientras que las ganancias netas de las existencias de carbono de todo el ecosistema se emplean para estimar la absorción de CO₂ de la atmósfera. Las transferencias entre depósitos pueden tenerse en cuenta cuando resulte apropiado. Los cambios en las existencias de carbono pueden estimarse mediante métodos de inventario directo o por modelos de proceso. Cada una de las existencias o depósitos de C pueden darse en cualquiera de las categorías de uso de la tierra y de ahí que se describan aquí los atributos

generales de los métodos aplicables a cualquiera de tales categorías. En casos específicos, las pérdidas de existencias o depósitos de carbono pueden llevar implícitas emisiones de gases no CO₂ como metano, monóxido de carbono, carbono orgánico volátil diferente del metano y otros. Los métodos para la estimación de emisiones de estos gases se presentan en la Sección 2.4. Es una *buena práctica* verificar la total cobertura de las emisiones de CO₂ y no CO₂ debidas a pérdidas en las existencias o depósitos de carbono, a fin de evitar omisiones o el cómputo doble. Los detalles específicos respecto a la aplicación de estos métodos dentro de una categoría de uso de la tierra en particular se suministran bajo los respectivos usos de la tierra en los Capítulos 4 a 9.

2.3.1 Cambio en las existencias de carbono de la biomasa (biomasa aérea y subterránea)

La biomasa vegetal constituye un volumen significativo en cuanto a existencias de carbono en muchos ecosistemas. La biomasa está presente en las partes aérea y subterránea de las plantas anuales y de las perennes. La biomasa relacionada con las plantas herbáceas anuales y perennes (es decir, no maderera) es relativamente efímera; es decir, decae y se regenera anualmente o cada pocos años. Por lo tanto, las emisiones por descomposición se compensan con las absorciones debidas a la regeneración, lo que hace que, en general, las existencias generales netas de C sean bastante estables en el largo plazo. Es por ello que los métodos se centran en los cambios de existencias de la biomasa relacionados con las plantas y los árboles madereros, en la que se pueden acumular grandes cantidades de carbono (hasta cientos de toneladas por hectárea) durante su vida. Es factible que el cambio en las existencias de carbono en biomasa de las tierras forestales constituya una subcategoría importante, dados los flujos sustanciales debidos a la gestión y la cosecha, a perturbaciones naturales, a la mortalidad natural y a la regeneración de los bosques. Además, a menudo, las conversiones en el uso de la tierra de tierras forestales a otros usos de la tierra traen como resultado una pérdida sustancial de carbono del depósito de biomasa. Los árboles y las plantas madereras pueden darse en cualquiera de las seis categorías de usos de la tierra, aunque las existencias más grandes en la biomasa son generalmente las de las tierras forestales. A los efectos del inventario, los cambios en las existencias de C en la biomasa se estiman para (i) las tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra y (ii) la tierra que se convierte a una nueva categoría de uso de la tierra. La convención sobre declaración es que todas las emisiones y absorciones relacionadas con el cambio de uso de la tierra deben hacerse en la nueva categoría de uso.

2.3.1.1 TIERRA QUE PERMANECE EN LA MISMA CATEGORÍA DE USO

La Ecuación 2.3 incluye los cinco depósitos de carbono de los cuales se requieren estimaciones de cambio de existencias. En esta sección se presentan los métodos para estimar las ganancias, las pérdidas y los cambios netos de carbono en biomasa. Las ganancias incluyen el crecimiento de la biomasa en sus componentes aéreos y subterráneos. Las pérdidas están clasificadas en talas o cosechas madereras, recogida de madera combustible y pérdidas por perturbaciones naturales en tierras gestionadas, tales como incendios, ataques de insectos y fenómenos meteorológicos extremos (p. ej. huracanes, inundaciones). Se suministran dos métodos para la estimación de los cambios en las existencias de carbono en biomasa.

El Método de pérdidas y ganancias requiere que la pérdida de carbono de la biomasa se reste de la ganancia de carbono (Ecuación 2.7). Esto sustenta el método de Nivel 1, para el cual se suministran, en este Volumen, valores por defecto para el cálculo de incremento y pérdidas para la estimación de los cambios de existencias en la biomasa. Hay métodos de nivel superior que emplean datos específicos del país para estimar los índices de pérdidas y ganancias. Para todos los niveles, estas estimaciones requieren datos de la actividad específicos de cada país, aunque para el Nivel 1, estos datos pueden obtenerse de las bases de datos compiladas a nivel mundial (p. ej. estadísticas de la FAO).

ECUACIÓN 2.7
CAMBIO ANUAL DE LAS EXISTENCIAS DE CARBONO EN BIOMASA
EN TIERRAS QUE PERMANECEN EN UNA CATEGORÍA EN PARTICULAR DE USO DE LA TIERRA
(MÉTODO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS)

$$\Delta C_B = \Delta C_G - \Delta C_L$$

Donde:

ΔC_B = cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa (la suma de los términos de biomasa aérea y subterránea de la Ecuación 2.3) para cada subcategoría de tierra, considerando la superficie total, ton C año⁻¹

ΔC_G = aumento anual de las existencias de carbono debido al crecimiento de la biomasa para cada subcategoría de tierra, considerando la superficie total, ton C año⁻¹

ΔC_L = reducción anual de las existencias de carbono debida a la pérdida de biomasa para cada subcategoría de tierra, considerando la superficie total, ton C año⁻¹

Los cambios en las existencias de C en la biomasa para las tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra (p. ej. *Tierras forestales que permanecen como tales*) se basan en estimaciones de las pérdidas y ganancias anuales en las existencias en biomasa. Este método puede ser adoptado por los países que emplean cualquiera de los tres niveles. El método puede aplicarse en los países que no tienen sistemas de inventarios nacionales diseñados para estimar las existencias en la biomasa forestal. Se suministran datos por defecto en los capítulos por categorías de uso de la tierra para los compiladores de inventarios que no tengan acceso a datos específicos del país. También se han desarrollado hojas de trabajo utilizando los métodos y las ecuaciones (Anexo 1).

El Método de diferencia de existencias requiere inventarios de las existencias de carbono en biomasa para una superficie de tierra dada, en dos momentos diferentes. El cambio anual en la biomasa es la diferencia entre las existencias de biomasa en el momento t_2 y en el momento t_1 , dividido por la cantidad de años transcurridos entre las existencias (Ecuación 2.8). En algunos casos, los datos fundamentales sobre la biomasa pueden estar en forma de datos sobre volumen de madera, por ejemplo, obtenidos de estudios forestales, en cuyo caso se suministran factores para convertir el volumen de madera en unidades de masa de carbono, como se indica en la Ecuación 2.8.b.

ECUACIÓN 2.8 CAMBIO ANUAL DE LAS EXISTENCIAS DE CARBONO DE LA BIOMASA EN TIERRAS QUE PERMANECEN EN LA MISMA CATEGORÍA DE USO DE LA TIERRA (MÉTODO DE DIFERENCIA DE EXISTENCIAS) $\Delta C_B = \frac{(C_{t_2} - C_{t_1})}{(t_2 - t_1)} \quad (a)$ donde: $C = \sum_{i,j} \{A_{i,j} \bullet V_{i,j} \bullet BCEF_{S_{i,j}} \bullet (1 + R_{i,j}) \bullet CF_{i,j}\} \quad (b)$	

Donde:

ΔC_B = cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa (la suma de los términos de biomasa aérea y subterránea de la Ecuación 2.3) en tierras que permanecen en la misma categoría (p. ej. *Tierras forestales que permanecen como tales*), ton C año⁻¹

C_{t_2} = total de carbono en biomasa para cada subcategoría de tierra en el momento t_2 , ton de C

C_{t_1} = total de carbono en biomasa para cada subcategoría de tierra en el momento t_1 , ton de C

C = total de carbono en biomasa para el período t_1 a t_2

A = superficie de tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra, ha (véase la nota a continuación)

V = volumen de las existencias venales en crecimiento, m³ ha⁻¹

i = zona ecológica i ($i = 1$ a n)

j = dominio climático j ($j = 1$ a m)

R = relación entre biomasa aérea y biomasa subterránea, toneladas d.m. de biomasa subterránea (ton d.m. de biomasa aérea)⁻¹

CF = fracción de carbono de materia seca, ton C (ton d.m.)⁻¹

$BCEF_s$ = factor de conversión y expansión de biomasa para la expansión del volumen de existencias venales en crecimiento a biomasa aérea, toneladas de crecimiento de biomasa aérea (m^3 de volumen de existencias en crecimiento)⁻¹, (véase el Cuadro 4.5 para tierras forestales). El $BCEF_s$ transforma el volumen venable de existencias en crecimiento directamente en su biomasa aérea. Los valores del $BCEF_s$ son más convenientes porque se pueden aplicar directamente a datos de inventario de bosques basados en volumen y a registros operativos, sin tener que recurrir a densidades boscosas básicas (D). Dan mejores resultados cuando se los ha derivado localmente y cuando se basan directamente en el volumen venal. No obstante, si no se dispone de los valores del $BCEF_s$ y si el factor de expansión de la biomasa (BEF_s) y los valores de D se estiman individualmente, se puede usar la siguiente conversión:

$$BCEF_s = BEF_s \bullet D$$

Cuando se aplican los *Métodos de pérdidas y ganancias* o de *diferencia de existencias*, el área respectiva es, claramente, la superficie de tierra que permanece en la categoría en cuestión al final del año para el cual se está estimando el inventario. Todas las demás tierras estarán en una categoría de conversión (véase la Sección 2.3.1.2). El lapso durante el cual esa tierra permanece en una categoría de conversión después del cambio de uso de la tierra es, por defecto, de 20 años (el lapso en el que se supuso que las existencias de carbono llegan al equilibrio a los efectos de calcular coeficientes por defecto en las *Directrices del IPCC de 1996*, y retenidos para la GPG-LULUCF y utilizados en el presente, aunque pueden emplearse otros lapsos en niveles superiores, según las necesidades de cada país). Por lo tanto, según las hipótesis utilizadas por defecto, la tierra se transferirá de una categoría de conversión a una categoría de permanencia después de que haya estado en un uso de la tierra durante 20 años. En el año de la conversión se van a producir algunos cambios en las existencias de carbono, pero de todos modos es importante ser coherentes respecto al período durante el cual la tierra permanece en la categoría de conversión, ya que, de otra manera, los métodos para la estimación de superficies de tierra descritos en el próximo capítulo no funcionan. Los cambios en existencias que se completan dentro de 1 año a partir de la conversión se relacionarán con la superficie convertida anualmente y las superficies de tierra respectivas deben tratarse como subcategoría dentro de la categoría de conversión aunque, de todos modos, deben permanecer en la categoría de conversión hasta que hayan transcurrido los 20 años fijados por defecto u otro lapso de conversión.

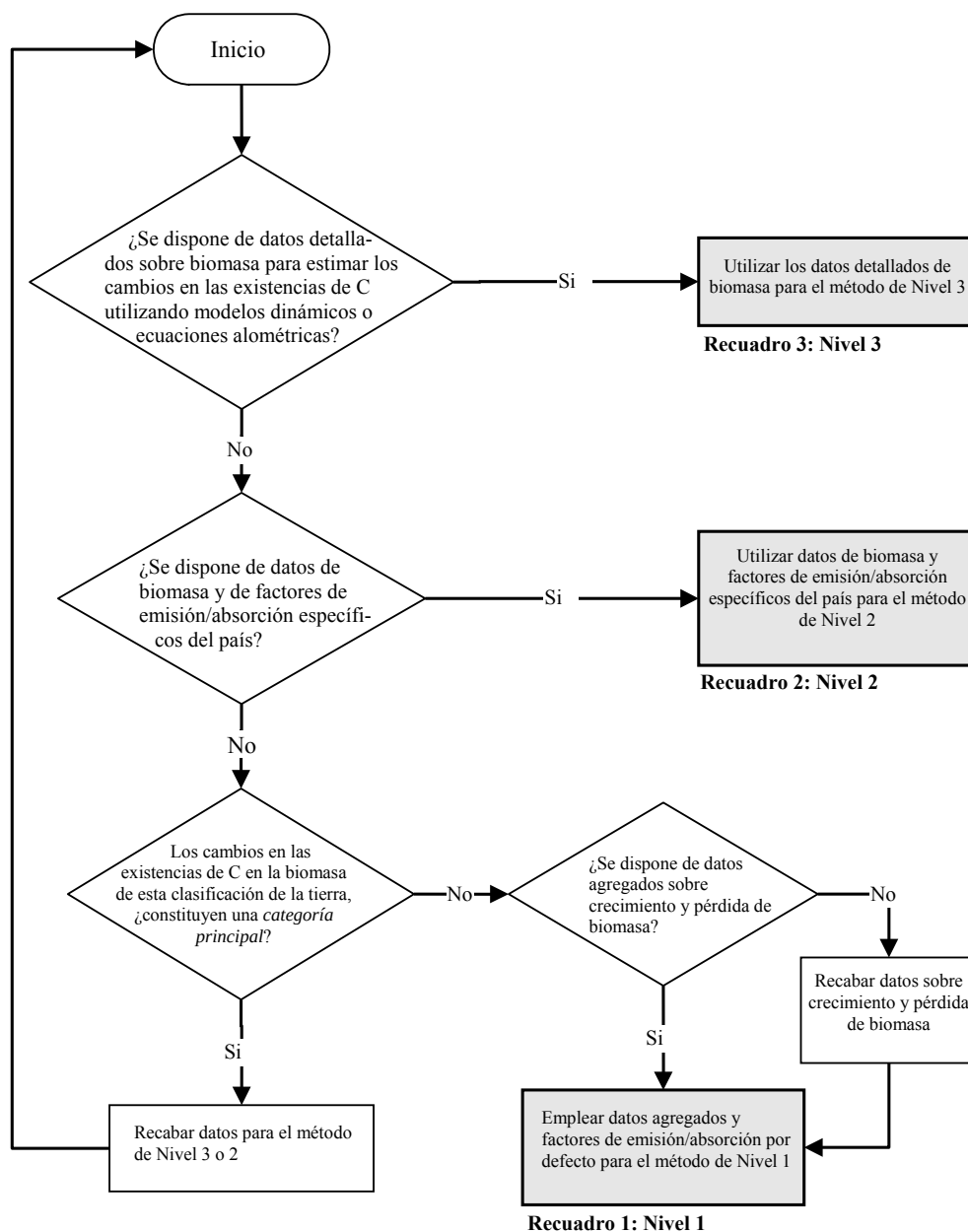
El *Método de diferencia de existencias* se aplica en los países que cuenten con sistemas nacionales de inventario de bosques y de otras categorías de uso de la tierra, donde las existencias de los diferentes depósitos de biomasa se miden a intervalos periódicos. El método de diferencia de existencias exige más recursos y muchos países pueden no contar con sistemas nacionales de inventario de bosques y de otras categorías de uso de la tierra. Este método es apropiado para países que adopten un método del Nivel 3 y, en algunos casos, uno de Nivel 2, pero puede no adecuarse a países que utilicen un método del Nivel 1 debido a las limitaciones en datos. Es importante asegurarse de que el sistema de inventario genere datos sobre pérdidas y ganancias de los depósitos de carbono de la biomasa.

En los lugares en que haya biomasa forestal perenne puede emplearse cualquiera de los dos métodos para estimar los cambios en las existencias de carbono en biomasa de todas las categorías (p. ej. *tierras forestales que permanecen como tales*, *pastizales que permanecen como tales* y *tierras de cultivo que permanecen como tales*). Puede utilizarse la Figura 2.2 para ayudar a los organismos a cargo del inventario a identificar el nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en biomasa.

Nótese que algunas pérdidas en la biomasa pueden conducir a emisiones de C que no sean de CO₂, como lo son el consumo y la emisión en forma de metano (CH₄) por parte de las termitas o de mamíferos salvajes.² No se han desarrollado métodos de Nivel 1 por defecto para estas fuentes y los países que deseen estimar y declarar estas emisiones deben desarrollar y utilizar un método de Nivel 3.

² Las pérdidas de carbono en forma de CO₂ y no CO₂ relacionadas con el quemado de biomasa se estiman de manera que las emisiones de carbono no se computen doblemente.

Figura 2.2 **Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en biomasa en una categoría de uso de la tierra.**



Nota:

1: Véase el Volumen 1, Capítulo 4, «Opción metodológica e identificación de categorías principales» (principalmente la sección 4.1.2 relativa a los recursos limitados) para el análisis de las *categorías principales* y el uso de los árboles de decisión.

A. MÉTODOS PARA ESTIMAR LOS CAMBIOS EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO EN BIOMASA (ΔC_B)

A.1 Cómo estimar el incremento anual de existencias de carbono en biomasa (Método de pérdidas y ganancias), ΔC_G

Éste es el método de Nivel 1 que, cuando se lo combina con los índices de crecimiento de biomasa obtenidos por defecto, permite calcular, en cualquier país, el incremento anual de biomasa, utilizando estimaciones de superficie e incrementos medios anuales de biomasa, para cada uno de los tipos de uso de la tierra y para cada estrato (p. ej. zona climática, zona ecológica, tipo de vegetación) (Ecuación 2.9).

ECUACIÓN 2.9
INCREMENTO ANUAL DE LAS EXISTENCIAS DE CARBONO EN BIOMASA
EN TIERRAS QUE PERMANECEN EN LA MISMA CATEGORÍA DE USO DE LA TIERRA

$$\Delta C_G = \sum_{i,j} (A_{i,j} \cdot G_{TOTAL_{i,j}} \cdot CF_{i,j})$$

Donde:

ΔC_G = incremento anual de las existencias de carbono en biomasa debido al crecimiento de la biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra por tipo de vegetación y zona climática, ton C año⁻¹

A = superficie de tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra, ha

G_{TOTAL} = crecimiento medio anual de la biomasa, ton d. m. ha⁻¹ año⁻¹

i = zona ecológica i (i = 1 a n)

j = dominio climático j (j = 1 a m)

CF = fracción de carbono de materia seca, ton C (ton d.m.)⁻¹

G_{TOTAL} es el crecimiento total de la biomasa ampliado del citado crecimiento de la biomasa aérea (G_w) para que incluya el crecimiento de la biomasa subterránea. Aplicando un método de Nivel 1, se puede lograr directamente empleando valores por defecto de G_w de árboles regenerados naturalmente o de categorías amplias de plantaciones junto con R, la relación entre la biomasa subterránea y la aérea diferenciadas por el tipo de vegetación boscosa. En los Niveles 2 y 3, se puede utilizar el incremento neto anual (I_v) con la densidad básica de la madera (D) y el factor de expansión de la biomasa (BEF_I), o directamente con el factor de conversión y expansión de la biomasa ($BCEF_I$), para la conversión del incremento neto anual al incremento de la biomasa aérea para cada tipo de vegetación. En la Ecuación 2.10 se muestran las relaciones.

ECUACIÓN 2.10
INCREMENTOS ANUALES PROMEDIO DE LA BIOMASA

Nivel 1

$$G_{TOTAL} = \sum \{G_w \cdot (1 + R)\} \quad \text{Se emplean directamente los datos de incremento de biomasa (materia seca)}$$

Niveles 2 y 3

$$G_{TOTAL} = \sum \{I_v \cdot BCEF_I \cdot (1 + R)\} \quad \text{Se utilizan los datos del incremento anual neto para estimar el } G_w \text{ aplicando el factor de conversión y expansión de la biomasa}$$

Donde:

G_{TOTAL} = crecimiento promedio anual de la biomasa aérea y subterránea, ton d. m. ha⁻¹ año⁻¹

G_w = promedio del crecimiento anual de la biomasa aérea para un tipo específico de vegetación boscosa, ton d. m. ha⁻¹ año⁻¹

R = relación entre la biomasa subterránea y la aérea para un tipo específico de vegetación en ton d.m. de biomasa subterránea (ton d.m. de biomasa aérea)⁻¹. R debe configurarse en cero si se supone que no hubo cambios en las pautas de atribución de biomasa subterránea (Nivel 1).

I_v = incremento anual neto promedio para un tipo de vegetación específica, $m^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$

$BCEF_1$ = factor de conversión y expansión de biomasa para la conversión del incremento anual neto en volumen (incluyendo corteza) a crecimiento de biomasa aérea para un tipo de vegetación específica, toneladas de crecimiento de corteza aérea (m^3 de incremento anual promedio)⁻¹ (véase el Cuadro 4.5 referido a tierras forestales). Si no se dispone de los valores del $BCEF_1$ y si el factor de expansión de la biomasa (BEF) y los valores de densidad básica de la madera (D) se estiman individualmente, entonces, se puede usar la siguiente conversión:

$$BCEF_1 = BEF_1 \bullet D$$

Los Factores de expansión de la Biomasa (BEF_1)³ amplían el volumen venable al volumen total de biomasa aérea para compensar por los componentes no venables del incremento. El BEF_1 no tiene dimensión.

Las estimaciones del $BCEF_1$ para biomasa boscosa (perenne) en tierras no forestales, tales como pastizales (sabana), tierras de cultivo (agro-silvicultura), huertos, café, té y caucho, pueden no estar disponibles de inmediato. En este caso, se pueden utilizar valores por defecto del $BCEF_1$ de uno de los tipos de bosques más similares a la vegetación no-forestal para convertir la biomasa venable en biomasa total. El $BCEF_1$ se aplica solamente a la biomasa de árboles boscosos perennes para los cuales se dispone de datos de la biomasa venable. En cuanto a los arbustos, las gramíneas y los cultivos, los datos sobre el incremento de biomasa en términos de toneladas de materia seca por hectárea pueden estar disponibles directamente y, en este caso, no va a ser necesario el uso de la Ecuación 2.10.

A.2 Estimación de la reducción anual de existencias de carbono en biomasa debida a pérdidas (Método de pérdidas y ganancias), ΔC_L

Las estimaciones de pérdidas son necesarias para calcular el cambio en las existencias de carbono en biomasa empleando el *Método de pérdidas y ganancias*. Nótese que la estimación de pérdidas también resulta necesaria cuando se emplea el *Método de diferencia de existencias* para estimar las transferencias de biomasa a materia orgánica muerta utilizando los métodos de estimación de niveles superiores (véase más adelante). La pérdida anual de biomasa es la suma de las pérdidas por remoción de bosques (cosecha), la recogida de madera combustible (sin contar la recolección de detritos) y otras pérdidas producidas por perturbaciones, como incendios, tormentas e insectos y pestes. Se muestra la relación en la Ecuación 2.11.

ECUACIÓN 2.11 REDUCCIÓN ANUAL DE LAS EXISTENCIAS DE CARBONO EN BIOMASA EN TIERRAS QUE PERMANECEN EN LA MISMA CATEGORÍA DE USO DE LA TIERRA (MÉTODO DE DIFERENCIA DE EXISTENCIAS)

$$\Delta C_L = L_{\text{remoción-bosques}} + L_{\text{madera-combustible}} + L_{\text{perturbación}}$$

Donde:

ΔC_L = reducción anual de las existencias de carbono debida a la pérdida de biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra, ton C año^{-1}

$L_{\text{remoción-bosques}}$ = pérdida anual de carbono debida a remoción de bosques, ton C año^{-1} (Véase la Ecuación 2.12)

$L_{\text{madera-combustible}}$ = pérdida anual de carbono en la biomasa debida a remoción de madera combustible, ton C año^{-1} (Véase la Ecuación 2.13)

$L_{\text{perturbación}}$ = pérdidas anuales de carbono en la biomasa debidas a perturbaciones, ton C año^{-1} (Véase la Ecuación 2.14)

La Ecuación 2.11 y las siguientes Ecuaciones 2.12 a 2.14 se pueden aplicar directamente a tierras forestales. Estas Ecuaciones (2.11 a 2.14) pueden usarse también para estimar las pérdidas de tierras de cultivo y pastizales,

³ En ciertas aplicaciones, los BEF se emplean para ampliar el peso seco de los componentes venables o la biomasa de los tallos a la biomasa total, excluidas o incluidas las raíces, o para convertir y ampliar el volumen venable o de tallos a biomasa aérea o total (Somogyi *et al.*, 2006). Según se los usa en este documento, los factores de expansión de la biomasa siempre transforman el peso seco de los componentes venables incluidas la corteza a biomasa aérea, a exclusión de las raíces.

si las cantidades de remoción de bosques (cosecha), remoción de madera combustible, y pérdida debida a perturbación están disponibles en cuanto a biomasa forestal perenne. En tierras de cultivo y pastizales bajo gestión intensiva o muy degradados, es factible que la pérdida de biomasa forestal perenne sea pequeña. Los valores por defecto de pérdida de carbono en la biomasa para especies de cultivos madereros se suministran para la metodología de Nivel 1 de tierras de cultivo (véase el Cuadro 5.1). Es importante hacer notar que, para que haya coherencia, la remoción de bosques utilizada en la Ecuación 2.11 debe compararse con el aporte a PMR del Capítulo 12.

Los tres términos del lado derecho de la Ecuación 2.11 se obtienen de la siguiente manera:

Pérdida de biomasa y de carbono por remoción de bosques (cosecha), $L_{remoción-bosques}$

El método para estimar la pérdida anual de carbono de la biomasa debida a remoción de bosques se presenta en la Ecuación 2.12.

ECUACIÓN 2.12
PÉRDIDA ANUAL DE CARBONO EN LA BIOMASA POR REMOCIONES DE BOSQUES

$$L_{remoción-bosques} = \{H \cdot BCEF_R \cdot (1 + R) \cdot CF\}$$

Donde:

$L_{remoción-bosques}$ = pérdida anual de carbono debida a remoción de bosques, ton C año⁻¹

H = remociones anuales de bosques, rollizos, m³ año⁻¹

R = relación entre la biomasa subterránea y la aérea en ton d.m. de biomasa subterránea (ton d.m. de biomasa aérea)⁻¹. R se debe configurar en cero si se supone que no hubo cambios en las pautas de atribución de biomasa subterránea (Nivel 1).

CF = fracción de carbono de materia seca, ton C (ton d.m.)⁻¹

BCEF_S = factor de conversión y expansión de biomasa para la conversión de remociones en volumen venable a remociones totales de biomasa (incluida la corteza), toneladas de remoción de biomasa aérea (m³ de remociones)⁻¹, (véase el Cuadro 4.5 para tierras forestales). No obstante, si no se dispone de los valores del BCEF_R y si el factor de expansión de la biomasa para remociones forestales (BEF_R) y los valores de densidad básica de la madera (D) se estiman individualmente, entonces, se puede usar la siguiente conversión:

$$BCEF_R = BEF_R \cdot D$$

Si no se dispone de los datos específicos del país respecto a remociones de rollizos, los expertos que trabajan en el inventario deben utilizar las estadísticas de la FAO sobre cosecha de madera. Los datos estadísticos de la FAO sobre cosecha de madera no incluyen la corteza. Para convertir los datos estadísticos de la FAO sobre cosecha de madera en remociones de madera venable incluyendo la corteza, se los debe multiplicar por el factor de expansión por defecto de 1,15.

Pérdida de biomasa y de carbono por remoción de madera combustible, $L_{madera-combustible}$

A menudo, la remoción de madera combustible incluye dos componentes. En primer lugar, la remoción de madera combustible de árboles vivos y de partes de árboles, tales como copas y ramas, por las que el árbol en sí permanece en el bosque, reduce el carbono en la biomasa de las existencias en crecimiento y se debe considerar como pérdida de carbono de la biomasa. El segundo componente es la recogida de madera muerta y corte de rollizos. Esto reduce el depósito de carbono de la materia orgánica muerta. Si resulta posible, es una *buena práctica* estimar ambos componentes por separado. La pérdida de carbono de la biomasa debido a remoción de madera combustible de árboles vivos se estima utilizando la Ecuación 2.13.

ECUACIÓN 2.13
PÉRDIDA ANUAL DE CARBONO EN LA BIOMASA POR REMOCIONES DE MADERA COMBUSTIBLE

$$L_{madera-combustible} = [\{FG_{árboles} \cdot BCEF_R \cdot (1 + R)\} + FG_{parte} \cdot D] \cdot CF$$

Donde:

$L_{madera-combustible}$ = pérdida anual de carbono debida a la remoción de madera combustible, ton C año⁻¹

$FG_{\text{árboles}}$ = volumen anual de remoción de madera combustible de árboles enteros, $m^3 \text{ año}^{-1}$

FG_{parte} = volumen anual de remoción de madera combustible como parte de árboles, $m^3 \text{ año}^{-1}$

R = relación entre la biomasa subterránea y la aérea, en ton d.m. de biomasa subterránea (ton d.m. de biomasa aérea) $^{-1}$; R se debe configurar en cero si se supone que no hubo cambios en las pautas de atribución de biomasa subterránea. (Nivel 1)

CF = fracción de carbono de materia seca, ton C (ton d.m.) $^{-1}$

D = densidad básica de la madera, ton d.m. m^{-3}

$BCEF_s$ = factor de conversión y expansión de biomasa para la conversión de remociones en volumen venable a remociones totales de biomasa (incluida la corteza), toneladas de remoción de biomasa (m^3 de remociones) $^{-1}$, (véase el Cuadro 4.5 para tierras forestales). Si no se dispone de los valores del $BCEF_R$ y si el factor de expansión de la biomasa para remociones forestales (BEF_R) y los valores de densidad básica de la madera (D) se estiman por separado, entonces, se puede usar la siguiente conversión:

$$BCEF_R = BEF_R \bullet D$$

Los Factores de expansión de biomasa (BEF_R) expanden las remociones de madera venable a volumen total de biomasa aérea para compensar los componentes no venables del árbol, la arboleda y el bosque. El BEF_R no tiene dimensión.

Si no se dispone de los datos específicos del país respecto a remociones de rollizos, los expertos que trabajan en el inventario deben utilizar las estadísticas de la FAO sobre cosecha de madera. Es de hacer notar que los datos estadísticos de la FAO sobre cosecha de madera no incluyen la corteza. Para convertir los datos estadísticos de la FAO sobre cosecha de madera en remociones de madera venable incluyendo la corteza, se los debe multiplicar por el factor de expansión por defecto de 1,15.

La cosecha de madera puede incluir remociones de madera y de madera combustible (es decir, las remociones de madera de la Ecuación 2.12 pueden incluir remoción tanto de madera como de madera combustible), o las remociones de madera combustible pueden declararse por separado utilizando las dos fórmulas: 2.12 y 2.13. Para evitar el cómputo doble, es una *buena práctica* verificar cómo se representan los datos de una entrada para la madera combustible en el país y emplear la ecuación que resulte más apropiada a las condiciones nacionales. Es más, la cosecha de madera de bosques se convierte en un valor ingresado en PMR (Capítulo 12). Por lo tanto, es una *buena práctica* verificar que la representación de los datos sobre cosecha de madera en las Ecuaciones 2.12 y 2.13 sea coherente con las del Capítulo 12.

Pérdida de biomasa y de carbono por perturbaciones, $L_{\text{perturbación}}$

En la Ecuación 2.14 se ofrece un método genérico para estimar la cantidad de carbono perdida a causa de perturbaciones. En el caso específico de pérdidas por incendios de tierras gestionadas, incluidos los incendios naturales y los controlados, debe emplearse este método para ingresar información a la metodología para estimar las emisiones de CO_2 y no CO_2 provocadas por incendios.

ECUACIÓN 2.14

PÉRDIDAS ANUALES DE CARBONO EN LA BIOMASA DEBIDAS A PERTURBACIONES

$$L_{\text{perturbación}} = \{A_{\text{perturbación}} \bullet B_W \bullet (1 + R) \bullet CF \bullet fd\}$$

Donde:

$L_{\text{perturbación}}$ = otras pérdidas anuales de carbono, ton C año^{-1} (Nótese que se trata de la cantidad de biomasa que se pierde del total de la biomasa. La diferenciación entre la biomasa que se transfiere a materia orgánica muerta y la que se oxida y libera a la atmósfera se explica en las Ecuaciones 2.15 y 2.16).

$A_{\text{perturbación}}$ = superficie afectada por perturbaciones, $ha \text{ año}^{-1}$

B_W = biomasa aérea promedio de superficies de tierra afectadas por perturbaciones, ton d.m. ha^{-1}

R = relación entre la biomasa subterránea y la aérea, en ton d.m. de biomasa subterránea (ton d.m. de biomasa aérea) $^{-1}$. R debe configurarse en cero si se supone que no hubo cambios en la biomasa subterránea (Nivel 1).

CF = fracción de carbono de materia seca, ton C (ton d.m.) $^{-1}$

fd = fracción de biomasa perdida por perturbaciones (véase la siguiente nota).

Nota: El parámetro fd define la proporción de biomasa que se pierde del depósito de biomasa: una perturbación que reemplaza a una arboleda eliminará toda la biomasa ($fd = 1$), mientras que una perturbación provocada por insectos puede remover sólo una porción (p. ej. $fd = 0,3$) de la densidad promedio de C en la biomasa. La Ecuación 2.14 no especifica el destino del carbono removido de las existencias de carbono de la biomasa. El supuesto del Nivel 1 es que todas las $L_{\text{perturbaciones}}$ se emiten en el año de la perturbación. En los métodos de nivel superior, se supone que parte de este carbono se emite inmediatamente y que otra parte se agrega a los depósitos de materia orgánica muerta (madera muerta, hojarasca) o a los PMR.

Las cantidades de carbono de la biomasa que se transfieren a diferentes destinos se pueden definir utilizando una matriz de perturbaciones que se puede parametrizar para definir los impactos de los diferentes tipos de perturbaciones (Kurz *et al.*, 1992). Si es posible, una *buena práctica* es desarrollar y utilizar una matriz de perturbación (Cuadro 2.1) para cada depósito de carbono en la biomasa, en materia orgánica muerta o en el suelo, la proporción de carbono que permanece en ese depósito, y las proporciones que se transfieren a otros depósitos, a productos de madera recolectada y a la atmósfera, durante el evento de perturbación. Las proporciones de cada fila suman siempre 1 a fin de garantizar la conservación del carbono. El valor que se ingresa en la celda A es la proporción de biomasa aérea que permanece después de una perturbación (o $1 - fd$, donde fd se define como en la Ecuación 2.14). La hipótesis del Nivel 1 es que todas las fd se emiten en el año de la perturbación. Por lo tanto, el valor ingresado en la celda F es fd . Para los niveles superiores, se ingresa en la celda F sólo la proporción emitida en el año y el resto se agrega a las celdas B y C en caso de incendio, y en las B, C y E en caso de cosecha. Constituye una *buena práctica* desarrollar una matriz de perturbación incluso bajo el Nivel 1 a fin de asegurar que se consideren todas las transferencias de depósitos de carbono, aunque se suponga que todo el carbono de la biomasa se emitió en el año de la conversión de la tierra. Es importante destacar que algunas de las transferencias podrían ser pequeñas o insignificantes.

CUADRO 2.1 EJEMPLO DE UNA MATRIZ SIMPLE (NIVEL 2) PARA LOS IMPACTOS DE PERTURBACIONES EN DEPÓSITOS DE CARBONO								
	Biomasa aérea	Biomasa subterránea	Madera muerta	Hoja-rasca	Materia orgánica del suelo	Productos de madera recolectada	Atmós-fera	La suma de la fila (debe dar 1)
Biomasa aérea	A		B	C	D	E	F	1
Biomasa subterránea								1
Madera muerta								1
Hojarasca								1
Materia orgánica del suelo								1
Ingrese la proporción de cada depósito del lado izquierdo de la matriz que se transfiere al depósito de la parte superior de cada columna. Todos los depósitos del lado izquierdo de la matriz deben contener datos y los valores de cada fila deben sumar 1. Las transiciones que no corresponden están marcadas en negro. Nota: Las letras A a F son los nombres de las celdas a los que se hace referencia en el texto.								

2.3.1.2 TIERRA QUE SE CONVIERTE A UNA NUEVA CATEGORÍA DE USO

En esta sección se presentan los métodos para la estimación de emisiones y absorciones de carbono que se producen a resultas de la conversión de una categoría de uso de la tierra a otra. Las conversiones posibles incluyen la conversión de tierras no forestales a forestales, de tierras de cultivo y forestales a pastizales, y de pastizales y forestales a tierras de cultivo.

Las emisiones y absorciones de CO₂ en tierras convertidas a una nueva categoría de uso de la tierra incluyen los cambios anuales en las existencias de carbono en la biomasa aérea y en la subterránea. Los cambios anuales en las existencias de carbono para cada uno de estos depósitos se pueden estimar aplicando la Ecuación 2.4 ($\dot{A}C_B = \Delta C_G - \Delta C_L$), donde ΔC_G es la ganancia anual de carbono, y ΔC_L es la pérdida anual de carbono. $\dot{A}C_B$ se puede estimar por separado para cada uso de la tierra (p. ej. tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales) y para cada categoría de gestión (p. ej. bosque natural, plantación), por estratos específicos (p. ej. tipo de clima o de bosque).

MÉTODOS PARA ESTIMAR LOS CAMBIOS EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO EN BIOMASA (ΔC_B)

i) Incremento anual de las existencias de carbono en la biomasa, ΔC_G

Nivel 1: el incremento anual en las existencias de carbono de la biomasa debido a tierras convertidas en otras categorías de uso de la tierra se puede estimar aplicando la Ecuación 2.9 descrita precedentemente para tierras que permanecen en una categoría. En el Nivel 1, se aplica, por defecto, la hipótesis de que no hay cambios en las existencias iniciales de carbono en la biomasa debidos a conversión. Esta hipótesis puede aplicarse si no se dispone de datos relativos a los usos previos de la tierra, lo que puede ser el caso cuando los totales de superficie de la tierra se estiman empleando los Métodos 1 o 2 descritos en el Capítulo 3 (datos sobre superficies de tierra espacialmente no explícitos). Este método implica el uso de los parámetros por defecto de la Sección 4.5 (Capítulo 4). La superficie de tierra convertida se puede categorizar sobre la base de las prácticas de gestión, p. ej. plantaciones y pastizales bajo gestión intensiva o plantaciones, pastizales o tierras de cultivo abandonadas bajo gestión extensiva (bajo aporte) que se revierten a forestales y que deberían mantenerse en la categoría de conversión durante 20 años u otro lapso. Si se conoce el uso previo de la tierra en una superficie convertida, entonces se puede usar el método de Nivel 2 descrito a continuación.

ii) Reducción anual de las existencias de carbono en la biomasa debida a pérdidas, ΔC_L

Nivel 1: la reducción anual de existencias de carbono en la biomasa debida a pérdidas en tierras convertidas (remociones de bosques o talas, recogida de madera combustible y perturbaciones) puede estimarse empleando las Ecuaciones 2.11 a 2.14. Como sucede con los incrementos en las existencias de carbono, en el Nivel 1 se sigue la hipótesis por defecto de que no hay cambios en las existencias iniciales de carbono en la biomasa, y se la puede aplicar para superficies que se estiman utilizando los Métodos 1 o 2 del Capítulo 3, y los parámetros por defecto de la Sección 4.5.

iii) Niveles superiores para estimar cambios en las existencias de carbono en biomasa, (ΔC_B)

Niveles 2 y 3: Los métodos del Nivel 2 (y 3) emplean datos derivados a nivel nacional y métodos más desagregados y (o) modelos de proceso, los que permiten realizar estimaciones más precisas de los cambios en las existencias de carbono en la biomasa. En el Nivel 2, la Ecuación 2.4 se reemplaza por la Ecuación 2.15, donde los cambios en las existencias de carbono se calculan como la suma del incremento de las existencias de carbono debidas al crecimiento de la biomasa, más los cambios debidos a conversión real (diferencia entre inventarios de biomasa antes y después de la conversión), y la reducción de existencias de carbono debida a pérdidas.

ECUACIÓN 2.15 CAMBIO ANUAL EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO EN BIOMASAS EN TIERRAS CONVERTIDAS A OTRA CATEGORÍA DE USO DE LA TIERRA (NIVEL 2)

$$\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta C_{CONVERSIÓN} - \Delta C_L$$

Donde:

ΔC_B = cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra, en ton C año⁻¹

ΔC_G = incremento anual en las existencias de carbono de la biomasa debido a crecimiento en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra, en ton C año⁻¹

$\Delta C_{CONVERSIÓN}$ = cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra, en ton C año⁻¹

ΔC_L = reducción anual en las existencias de carbono de la biomasa debida a pérdidas producidas por cosechas, recogida de madera combustible y perturbaciones en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra, en ton C año⁻¹

La conversión a otra categoría de tierra puede estar relacionada con un cambio en las existencias de biomasa; p. ej. parte de la biomasa puede ser retirada mediante desbroce de tierras, repoblación u otras actividades inducidas por el hombre. Estos cambios iniciales de las existencias de carbono en la biomasa ($\Delta C_{CONVERSIÓN}$) se calculan empleando la Ecuación 2.16, de la siguiente manera:

ECUACIÓN 2.16 CAMBIO INICIAL EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO EN LA BIOMASA DE TIERRAS CONVERTIDAS A OTRA CATEGORÍA DE TIERRA

$$\Delta C_{CONVERSIÓN} = \sum_i \{ (B_{DESPUÉS_i} - B_{ANTES_i}) \cdot \Delta A_{A\_OTRAS_i} \} \cdot CF$$

Donde:

$\Delta C_{CONVERSIÓN}$ = cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de tierra, ton C año⁻¹

$B_{DESPUÉS_i}$ = existencias de biomasa en el tipo de tierra i inmediatamente después de la conversión, ton d.m. ha⁻¹

B_{ANTES_i} = existencias de biomasa en el tipo de tierra i antes de la conversión, ton d.m. ha⁻¹

$\Delta A_{A\_OTRAS_i}$ = superficie de uso de la tierra i convertida a otra categoría de uso de la tierra en un año dado, ha año⁻¹

CF = fracción de carbono de materia seca, ton C (ton d.m.)⁻¹

i = tipo de uso de la tierra convertido a otra categoría de uso de la tierra.

El cálculo de $\Delta C_{CONVERSIÓN}$ se puede aplicar separadamente para estimar las existencias de carbono en tipos específicos de tierras (ecosistemas, tipos de lugares, etc.) antes de la conversión. El término $\Delta A_{A\_OTRAS_i}$ se refiere a un año de inventario en particular para el cual se realizan los cálculos, pero la tierra afectada por la conversión debe permanecer en la categoría de la conversión durante 20 años u otro período que se utilice en el inventario. En los inventarios en los que se utilizan métodos de nivel superior se puede definir una matriz de perturbación (Cuadro 2.1) para conversión de uso de la tierra a fin de cuantificar la proporción de cada depósito de carbono anterior a la conversión que se transfiere a otros depósitos, se emite a la atmósfera (p. ej. quemado de broza) o se extrae de alguna manera durante la cosecha o el desbroce.

Debido al uso de datos específicos del país y de métodos más desagregados, las Ecuaciones 2.15 y 2.16 permiten realizar estimaciones más exactas que los métodos de Nivel 1, en los que se emplean datos por defecto. Se lograría una mejora o una exactitud adicional si usaran datos nacionales referidos a zonas de transición en el uso de la tierra y valores de existencias de carbono específicos del país. Por lo tanto, los métodos de los Niveles 2 y 3 deben incluir estimaciones que empleen datos detallados por zona y valores de existencias de carbono específicos del país.

2.3.2 Cambios de las existencias de carbono en materia orgánica muerta

La materia orgánica muerta (DOM) incluye madera muerta y hojarasca (Véase el Cuadro 1.1). La estimación de la dinámica del carbono de los depósitos de materia orgánica muerta permite lograr una mayor exactitud en la generación de informes sobre dónde y cuándo se producen las emisiones y las absorciones de carbono. Por ejemplo, sólo parte del carbono contenido en la biomasa que muere durante un quemado de biomasa se libera a la atmósfera en el año del incendio. La mayor parte de la biomasa se agrega a madera muerta, hojarasca y depósitos del suelo (las raíces finas muertas están incluidas en el suelo) desde donde el C se libera con el correr de años a décadas, a medida que se descomponga la materia orgánica. Los índices de descomposición difieren significativamente entre las regiones, y oscilan entre altas en ambientes cálidos y húmedos, y bajas en ambientes fríos y secos. Aunque la dinámica del carbono en los depósitos de materia orgánica muerta es bien conocida cualitativamente, los países pueden tener dificultades en la obtención de datos reales de cobertura nacional en cuanto a existencias de materia orgánica muerta y su dinámica.

En los ecosistemas boscosos, los depósitos de DOM tienden a ser los más grandes después de las perturbaciones que producen el reemplazo de arboledas debido al agregado de biomasa residual (raíces) residual aérea y subterránea. Durante los años posteriores a la perturbación, los depósitos de DOM declinan puesto que la pérdida de carbono producida por la descomposición excede la tasa de agregado de carbono proveniente de la caída de hojarasca, la mortalidad y la renovación de la biomasa. Posteriormente, con el desarrollo de la arboleda, los depósitos de DOM vuelven a aumentar. La representación de esta dinámica exige una estimación por separado de entradas y salidas dependientes de la edad relativas a la dinámica de la arboleda y de los aportes y las pérdidas relacionados con las perturbaciones. Estos procedimientos de estimación más complejos requieren métodos de niveles superiores.

2.3.2.1 TIERRA QUE PERMANECE EN LA MISMA CATEGORÍA DE USO

Para los depósitos de madera muerta y de hojarasca de todas las categorías de uso de la tierra, en el Nivel 1 se supone que sus existencias no cambian con el transcurso del tiempo si la tierra permanece en la misma categoría de uso de la tierra. Por consiguiente, se supone que el carbono de la biomasa que muere durante una perturbación o por un evento de gestión (excepto la remoción de productos de madera cosechados) se libera totalmente a la atmósfera en el año del evento. Esto equivale a suponer que el carbono de los componentes no venables y no comerciales que se transfieren a la materia orgánica muerta equivale a la cantidad de carbono que se libera de la materia orgánica muerta a la atmósfera mediante descomposición y oxidación. Los países pueden aplicar métodos de nivel superior para estimar la dinámica del carbono de la materia orgánica muerta. En esta sección se describen métodos de estimación para cuando se empleen métodos de Nivel 2 (o 3).

Los países que utilizan métodos de Nivel 1 para estimar los depósitos de DOM en las tierras que permanecen en la misma categoría de usos de la tierra declaran que equivalen a cero los cambios en las existencias de carbono y en las emisiones de carbono de esos depósitos. Siguiendo esta regla, las emisiones de CO₂ resultantes de la combustión de materia orgánica muerta durante un incendio no se declaran, como tampoco se declara de los aumentos de las existencias de carbono en la materia orgánica muerta de los años posteriores al incendio. Sin embargo, sí se declaran las emisiones de gases no CO₂ originadas por el quemado de depósitos de DOM. Mediante los métodos de Nivel 2 para la estimación de cambios de existencias de carbono en depósito de DOM se calculan los cambios de los depósitos carbono de madera muerta y hojarasca (Ecuación 2.17). Se pueden emplear dos métodos: efectuando un seguimiento de las entradas y salidas (el *Método de pérdidas y ganancias*, Ecuación 2.18) o estimando la diferencia entre depósitos de DOM en dos momentos diferentes (*Método de la diferencia de existencias*, Ecuación 2.19). Estas estimaciones requieren ya sea inventarios detallados que incluyan mediciones periódicas de los depósitos de madera muerta y hojarasca o modelos que simulen la dinámica de la madera muerta y la hojarasca. Es una *buena práctica* asegurarse de que tales modelos se verifiquen contra mediciones de campo y se documenten. La Figura 2.3 muestra el árbol de decisiones para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en los inventarios de carbono de la materia orgánica muerta.

En la Ecuación 2.17 se resume el cálculo para estimar los cambios anuales de las existencias de carbono en depósitos de DOM:

ECUACIÓN 2.17 CAMBIO ANUAL EN LOS INVENTARIOS DE CARBONO DE LA MATERIA ORGÁNICA MUERTA $\Delta C_{DOM} = \Delta C_{DW} + \Delta C_{LT}$

Donde:

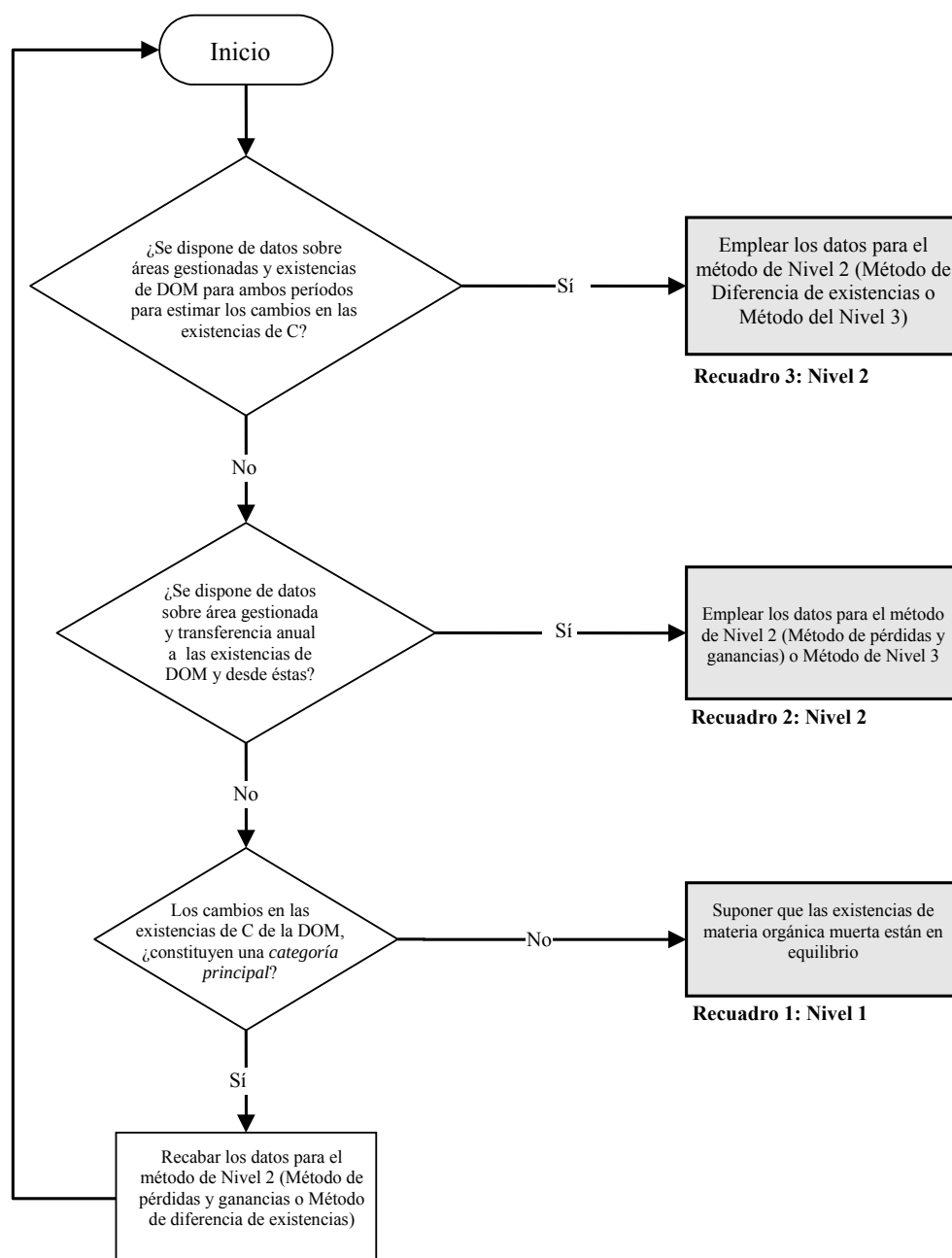
ΔC_{DOM} = cambio anual en las existencias de carbono de la materia orgánica muerta (incluye madera muerta y hojarasca), ton C año⁻¹

ΔC_{DW} = cambio en las existencias de carbono de la madera muerta, ton C año⁻¹

ΔC_{LT} = cambio en las existencias de carbono de la hojarasca, ton C año⁻¹

Figura 2.3

Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en materia orgánica muerta en una categoría de uso de la tierra.



Nota:

1 Véase el Volumen 1, Capítulo 4, «Opción metodológica e identificación de categorías principales» (principalmente la sección 4.1.2 relativa a los recursos limitados) para el análisis de las *categorías principales* y el uso de los árboles de decisión.

2: Los dos métodos se definen en las Ecuaciones 2.18 y 2.19, respectivamente.

Los cambios en las existencias de carbono de los depósitos de madera muerta y hojarasca en una zona que permanece en una categoría de uso de la tierra entre un inventario y otro se pueden estimar aplicando dos métodos descritos en las Ecuaciones 2.18 y 2.19. Se utiliza la misma ecuación para depósitos de madera muerta y de hojarasca, pero los valores se calculan por separado.

ECUACIÓN 2.18
CAMBIO ANUAL EN LOS INVENTARIOS DE CARBONO DE LA MADERA MUERTA O LA HOJARASCA
(MÉTODO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS)

$$\Delta C_{DOM} = A \cdot \{(DOM_{in} - DOM_{out}) \cdot CF\}$$

Donde:

ΔC_{DOM} = cambio anual en las existencias de carbono de los depósitos de madera muerta/hojarasca, ton C año⁻¹

A = superficie de tierra gestionada, ha

DOM_{in} = transferencia anual promedio de biomasa al depósito de madera muerta/hojarasca debido a procesos y perturbaciones anuales, ton d.m. ha⁻¹ año⁻¹ (para mayores detalles, véase la siguiente Sección).

DOM_{out} = pérdida de carbono promedio anual por descomposición y perturbaciones procedente de depósitos de madera muerta o de hojarasca, ton d.m. ha⁻¹ año⁻¹

CF = fracción de carbono de materia seca, ton C (ton d.m.)⁻¹

El balance neto de depósitos de DOM especificado en la Ecuación 2.18 requiere la estimación de las entradas y salidas de procesos anuales (caída y descomposición de hojarasca) y de aportes y pérdidas relacionados con las perturbaciones. Por lo tanto, en la práctica, los métodos de los Niveles 2 y 3 requieren estimaciones de los índices de transferencia y de descomposición, así como datos sobre la actividad de cosecha y sobre las perturbaciones, y sus impactos sobre la dinámica de los depósitos de DOM. Nótese que los aportes de biomasa a los depósitos de DOM que se utilizan en la Ecuación 2.18 constituyen un subconjunto de las pérdidas de biomasa estimadas en la Ecuación 2.7. Las pérdidas de biomasa de la Ecuación 2.7 contienen biomasa adicional que se extrae del sitio mediante la cosecha o por pérdida a la atmósfera, en caso de incendio.

El método elegido depende de los datos disponibles y es factible que se lo coordine con el método elegido para las existencias de carbono en la biomasa. Las transferencias del y al depósito de madera muerta u hojarasca a utilizar en la Ecuación 2.18 pueden resultar difíciles de estimar. El método para estimar la diferencia en las existencias descrito en la Ecuación 2.19 puede emplearse en países con datos de inventario forestal que incluyan información sobre depósitos de DOM, otros datos de relevamiento obtenidos por muestreo según los principios establecidos en el Anexo 3A.3 (Muestreo) del Capítulo 3, y/o de modelos con los que se simule la dinámica de la madera muerta y la hojarasca.

ECUACIÓN 2.19
CAMBIO ANUAL EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO EN MADERA MUERTA U HOJARASCA
(MÉTODO DE DIFERENCIA DE EXISTENCIAS)

$$\Delta C_{DOM} = \left[A \cdot \frac{(DOM_{t_2} - DOM_{t_1})}{T} \right] \cdot CF$$

Donde:

ΔC_{DOM} = cambio anual en las existencias de carbono en madera muerta u hojarasca, ton C año⁻¹

A = superficie de tierra gestionada, ha

DOM_{t1} = existencias de madera muerta/hojarasca en el momento t₁ en tierra gestionada, ton d.m. ha⁻¹

DOM_{t2} = existencias de madera muerta/hojarasca en el momento t₂ en tierra gestionada, ton d.m. ha⁻¹

T = (t₂ - t₁) = lapso transcurrido entre el momento de la segunda estimación de existencias y la primera, año

CF = fracción de carbono de materia seca (por defecto = 0,37 para hojarasca), ton C (ton d.m.)⁻¹

Nótese que siempre que se utilice el método de cambio de existencias (p. ej. en la Ecuación 2.19), las superficies de tierra utilizadas en los cálculos en los momentos t₁ y t₂ deben ser idénticas. Si las superficies no son idénticas,

entonces, los cambios de superficie provocan confusión en las estimaciones de existencias de carbono y cambios de existencia. Una *buena práctica* es utilizar la superficie del final del período de inventario (t_2) para definir la superficie de tierra que permanece en la categoría de uso de la tierra. Los cambios de inventario en todas las superficies que cambian de categoría de uso de la tierra entre t_1 y t_2 se estiman en la nueva categoría de uso de la tierra, como se describe en las secciones referidas a tierras convertidas a una nueva categoría de uso de la tierra.

APORTE DE BIOMASA A LA MATERIA ORGÁNICA MUERTA

Cada vez que se tala un árbol, hay componentes venables y no venables (como copas, ramas, hojas, raíces y árboles no comerciales) que se dejan en el suelo y se transfieren a los depósitos de materia orgánica muerta. Además, la mortalidad anual puede significar un agregado sustancial de madera muerta a ese depósito. Para los métodos del Nivel 1, la hipótesis es que el carbono contenido en todos los componentes de la biomasa que se transfieren a los depósitos de materia orgánica muerta se van a liberar durante el año de la transferencia, ya sea a partir de procesos anuales (caída de hojarasca y mortalidad de árboles), de actividades de gestión de la tierra, de la recogida de madera combustible o de perturbaciones. Para aplicar los procedimientos de estimación basados en niveles superiores, es necesario estimar la cantidad de carbono de la biomasa que se transfiere a materia orgánica muerta. La cantidad de biomasa que se transfiere a DOM se estima aplicando la Ecuación 2.20.

ECUACIÓN 2.20 CARBONO ANUAL DE LA BIOMASA QUE SE TRANSFIERE A MATERIA ORGÁNICA MUERTA

$$DOM_{in} = \{L_{mortalidad} + L_{broza} + (L_{perturbación} \cdot f_{BLol})\}$$

Donde:

DOM_{in} = total de carbono de la biomasa transferido a materia orgánica muerta, ton C año⁻¹

$L_{mortalidad}$ = transferencia anual de carbono de la biomasa a DOM debida a mortalidad, ton C año⁻¹ (Véase la Ecuación 2.21)

L_{broza} = transferencia anual de carbono de la biomasa a DOM en forma de broza, ton C año⁻¹ (Véase la Ecuación 2.22)

$L_{perturbación}$ = pérdidas anuales de carbono en la biomasa debida a perturbaciones, ton C año⁻¹ (Véase la Ecuación 2.14)

f_{BLol} = fracción de biomasa que se deja descomponer en el suelo (transferida a materia orgánica muerta) por pérdidas debidas a perturbaciones. Como se muestra en el Cuadro 2.1, las pérdidas por perturbaciones del depósito de biomasa se subdividen en las fracciones que se agregan a madera muerta (celda B del Cuadro 2.1) y a hojarasca (celda C), que se liberan a la atmósfera en caso de incendios (celda F) y, si hay salvamento después de la perturbación, las que se transfieren a PMR (celda E).

Nota: si los incrementos en biomasa de raíces se tienen en cuenta en la Ecuación 2.10, entonces también deberá considerarse las pérdidas de biomasa de raíces en las Ecuaciones 2.20 y 2.22.

Los ejemplos de los términos del lado derecho de la Ecuación 2.20 se obtienen de la siguiente manera:

Transferencias a materia orgánica muerta por mortalidad, $L_{mortalidad}$

La mortalidad está provocada por la competencia durante el desarrollo de arboledas, así como por la edad, las enfermedades y otros procesos que no se incluyen como perturbaciones. No se puede ignorar la mortalidad cuando se emplean métodos de estimación de nivel superior. En arboledas de gestión extensiva sin talas parciales periódicas, la mortalidad producida por competencia durante la fase de exclusión de tallos puede representar entre un 30 y un 50% del total de la productividad de una arboleda durante toda su vida. En las arboledas que reciben atención con regularidad, los agregados al depósito de materia orgánica muerta por mortalidad pueden ser insignificantes porque las talas parciales extraen biomasa forestal que de otra manera se perdería por mortalidad y se transferiría a los depósitos de materia orgánica muerta. Normalmente, los datos de que se dispone en cuanto a incremento declaran el incremento anual neto, lo que se define como el neto de pérdidas por mortalidad. Dado que, en este texto, el crecimiento anual neto se utiliza como base para estimar las ganancias de biomasa, la mortalidad no debe restarse nuevamente como pérdida de los depósitos de biomasa. No obstante, la mortalidad debe contabilizarse como agregado al depósito de madera muerta cuando se aplican los métodos de Niveles 2 y 3.

La ecuación para estimar la mortalidad se presenta en la Ecuación 2.21:

ECUACIÓN 2.21
PÉRDIDAS ANUALES DE CARBONO EN LA BIOMASA DEBIDAS A MORTALIDAD

$$L_{\text{mortalidad}} = \sum (A \bullet G_w \bullet CF \bullet m)$$

Donde:

$L_{\text{mortalidad}}$ = pérdida anual de carbono debida a mortalidad, ton C año⁻¹

A = superficie de tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra, ha

G_w = crecimiento de la biomasa aérea, ton d.m. ha⁻¹ año⁻¹ (véase la Ecuación 2.10)

CF = fracción de carbono de materia seca, ton C (ton d.m.)⁻¹

m = tasa de mortalidad expresada como fracción del crecimiento de la biomasa aérea

Cuando los datos sobre tasas de mortalidad están expresados como proporción del mayor volumen de existencias, entonces el término G_w de la Ecuación 2.21 se debe reemplazar por el mayor volumen de existencias para estimar la transferencia anual a los depósitos de DOM resultante de la mortalidad.

Las tasas de mortalidad difieren entre las diversas etapas de desarrollo de las arboledas y son más altas durante la fase de exclusión de tallos del desarrollo de arboledas. También difieren según el nivel de existencias, el tipo de bosque, la intensidad de la gestión y la historia de perturbaciones. Por ende, no se justifica la provisión de valores por defecto para una zona climática en su totalidad porque la variación dentro de la zona va a ser mucho mayor que la variación entre zonas.

Transferencia anual de carbono a broza, L_{broza}

Implica estimar la cantidad de broza que queda después de la recogida de la madera o de la madera combustible y la transferencia de biomasa producida por la pérdida anual total de carbono debida a la cosecha de madera (Ecuación 2.12). La estimación para la tala de broza se presenta en la Ecuación 2.22 y se deriva de la Ecuación 2.12, como se explica a continuación:

ECUACIÓN 2.22
TRANSFERENCIA ANUAL DE CARBONO A BROZA

$$L_{\text{broza}} = [\{H \bullet BCEF_R \bullet (1 + R)\} - \{H \bullet D\}] \bullet CF$$

Donde:

L_{broza} = transferencia anual de carbono de biomasa aérea a broza, incluidas raíces muertas, ton C año⁻¹

H = cosecha anual de bosques (recogida de madera o de madera combustible), m³ año⁻¹

$BCEF_R$ = factores de conversión y expansión de biomasa aplicables a recogidas de madera, por los que se transforma el volumen venable de remoción de madera en remociones de biomasa aérea, ton remoción de biomasa (m³ de remociones)⁻¹. Si no se dispone de los valores de $BCEF_R$ y los valores de Densidad se estiman por separado, entonces puede usar la siguiente conversión:

$$BCEF_R = BEF_R \bullet D$$

- o D = densidad básica de la madera, ton d.m. m⁻³
- o Los Factores de expansión de biomasa (BEF_R) expanden las remociones de madera venable a volumen total de biomasa aérea para compensar los componentes no venables del árbol, la arboleda y el bosque. El BEF_R no tiene dimensión.

R = relación entre la biomasa subterránea y la aérea, en ton d.m. de biomasa subterránea (ton d.m. de biomasa aérea)⁻¹. R se debe configurar en cero si el incremento de biomasa en raíces no está incluido en la Ecuación 2.10 (Nivel 1).

CF = fracción de carbono de materia seca, ton C (ton d.m.)⁻¹

La recogida de madera combustible que incluya la remoción de partes vivas de los árboles no genera ningún aporte adicional de biomasa a los depósitos de materia orgánica muerta y ya no se considera en el presente.

En los inventarios en los que se emplean métodos de nivel superior, se puede estimar también la cantidad de tala de broza que queda después de la cosecha definiendo la proporción de biomasa aérea que queda después de la cosecha (ingresar estas proporciones en las celdas B y C del Cuadro 2.1 sobre perturbaciones por cosecha) y empleando el método definido en la Ecuación 2.14. En este método, también sería necesario contar con los datos de la actividad de la superficie cosechada.

2.3.2.2 CONVERSIÓN DE TIERRA A UNA NUEVA CATEGORÍA DE USO

La convención para declaración es que todos los cambios en las existencias de carbono y las emisiones de gases de efecto invernadero no CO₂ relacionados con un cambio de uso de la tierra deben declararse en la nueva categoría de uso de la tierra. Por ejemplo, en el caso de la conversión de tierras forestales en tierras de cultivo, tanto los cambios en las existencias de carbono relacionadas con el desmonte forestal, así como todo cambio subsiguiente en las existencias de carbono que resulte de la conversión, se declaren bajo la categoría tierras de cultivo.

En el Nivel 1 se supone que los depósitos de DOM en las categorías no forestales de uso de la tierra tras la conversión equivalen a cero; es decir, que no contienen carbono. En el Nivel 1 se supone que, en la tierra que se convierte de forestal a otra categoría de uso de la tierra, todas las pérdidas de carbono de la DOM se producen en el año de la conversión en el uso de la tierra. Por el contrario, la conversión a tierras forestales trae como resultado un aumento de los depósitos de hojarasca y madera muerta que se inicia en ausencia de carbono en tales depósitos. Las ganancias de carbono en la DOM de las tierras convertidas en forestales se producen de manera lineal, comenzando en cero, durante un período de transición (supuesto, por defecto, en 20 años). Este período por defecto puede ser adecuado para existencias de carbono en hojarasca; sin embargo, en las regiones templadas y boreales quizá sea demasiado escaso para las existencias de carbono en madera muerta. Los países que utilizan métodos de nivel superior, pueden considerar períodos de transición más prolongados subdividiendo la categoría restante para darle cabida a estratos que se encuentran en etapas más tardías de transición.

La estimación de los cambios en las existencias de carbono durante los períodos de transición que suceden a la conversión en el uso de la tierra requiere que a los cohortes anuales de la zona sujeta al cambio en el uso de la tierra se les haga un seguimiento durante el transcurso del período de transición. Por ejemplo, se supone que las existencias de DOM aumentan durante 20 años a partir de la conversión a tierras forestales. Después de los 20 años, la zona convertida ingresa en la categoría de *Tierras forestales que permanecen como tales* y se supone que ya no hay más cambios de DOM, si se aplica un método de Nivel 1. En el caso de los niveles 2 y 3, el período de conversión puede variar según la vegetación y otros factores que determinan el tiempo que demoran los depósitos de hojarasca y de madera muerta en alcanzar un estado estacionario.

En los métodos para estimación de nivel superior, se pueden emplear estimaciones de depósitos de hojarasca y madera muerta diferentes de cero en las categorías o subcategorías que corresponda de uso de la tierra. Por ejemplo, los asentamientos y los sistemas agro-forestales pueden contener algunos depósitos de hojarasca y de madera muerta; no obstante, dado que la gestión, las condiciones de los sitios y muchos otros factores influyen sobre los tamaños de los depósitos, no se pueden ofrecer aquí valores globales por defecto. Con los métodos de nivel superior, también se pueden estimar los detalles de aportes y salidas de materia orgánica muerta relacionados con los cambios en el uso de la tierra.

El método conceptual para estimar los cambios en los inventarios de carbono de los depósitos de madera muerta y hojarasca consiste en estimar la diferencia en existencias de carbono entre la vieja y la nueva categoría y aplicar este cambio en el año de la conversión (pérdidas de carbono) o distribuirla uniformemente a lo largo del período de transición (ganancias de carbono) Ecuación 2.23:

ECUACIÓN 2.23
CAMBIO ANUAL EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO EN MADERA MUERTA Y HOJARASCA DEBIDO A LA CONVERSIÓN EN EL USO DE LA TIERRA

$$\Delta C_{DOM} = \frac{(C_n - C_o) \cdot A_{on}}{T_{on}}$$

Donde:

ΔC_{DOM} = cambio en las existencias anuales de carbono en madera muerta u hojarasca, ton C año⁻¹

C_o = existencias de madera muerta/hojarasca, bajo la categoría anterior de uso de la tierra, ton C ha⁻¹

C_n = existencias de madera muerta/hojarasca, bajo la nueva categoría de uso de la tierra, ton C ha^{-1}

A_{on} = superficie sometida a la conversión de la vieja a la nueva categoría de uso de la tierra, ha

T_{on} = lapso en el que se produce la transición de la vieja a la nueva categoría de uso de la tierra, año. El valor por defecto del Nivel 1 es de 20 años para los incrementos de existencias de carbono y de 1 año para las pérdidas de carbono.

En los inventarios en los que se utiliza un método del Nivel 1 se supone que todo el contenido de carbono contenido en la biomasa que muere durante el evento de conversión del uso de la tierra (menos los productos de madera recolectada que se extraen) se emite directamente a la atmósfera y que no hay parte que se agregue a los depósitos de madera muerta y de hojarasca. En los métodos de Nivel 1 se supone también que las pérdidas de carbono de los depósitos de madera muerta y de hojarasca se producen en su totalidad durante el año de la transición.

En los países donde se emplean métodos de nivel superior, se puede modificar el término C_0 de la Ecuación 2.23 contabilizando en primer lugar los efectos inmediatos de la conversión en el uso de la tierra durante el año del evento. En este caso, se le sumaría al C_0 el carbono de la biomasa muerta y transferida a los depósitos de madera muerta y de hojarasca, y se le restaría al C_0 todo el carbono liberado por los depósitos de madera muerta y hojarasca, p. ej. durante el quemado de broza. En ese caso, el C_0 de la Ecuación 2.23 representaría los inventarios de madera muerta y de hojarasca inmediatamente después de la conversión en el uso de la tierra. El C_0 se va a convertir en C_n durante el período de transición, utilizando una dinámica lineal o más compleja. Se puede definir una matriz de perturbación (Cuadro 2.1) para contabilizar las transiciones y liberaciones de los depósitos durante la conversión en el uso de la tierra, incluyendo los agregados y las remociones de C_0 .

Los países que aplican un método de Nivel 1 pueden aplicar las estimaciones de existencias de carbono por defecto del Nivel 1 para los depósitos de hojarasca y, si están disponibles, para los de madera muerta, provistos en el Cuadro 2.2, aunque se deben tener presente que son estimaciones a gran escala con un nivel considerable de incertidumbre cuando se las aplica a nivel nacional. El Cuadro 2.2 está incompleto debido a la escasez de datos publicados. Una revisión de la bibliografía ha llevado a identificar varios problemas. Las definiciones del IPCC de inventarios de carbono en la materia orgánica muerta incluyen la hojarasca y la madera muerta. El depósito de hojarasca contiene toda la hojarasca más los restos leñosos finos de hasta un diámetro de 10 cm (Véase el Capítulo 1, Cuadro 1.1). Por lo general, los datos de la hojarasca no incluyen como componente los restos leñosos finos, de manera que los valores de la hojarasca del Cuadro 2.2 son incompletos.

Se han publicado numerosos estudios sobre restos leñosos brutos (Harmon y Hua, 1991; Karjalainen y Kuuhuvainen, 2002) y algunos documentos de revisión (p. ej. Harmon *et al.*, 1986) pero, hasta la fecha, sólo se identifican dos estudios que suministran estimaciones de depósitos regionales de carbono en madera muerta basados en datos de parcelas de muestreo. Krankina *et al.* (2002) incluyeron varias regiones de Rusia y declararon estimaciones de restos leñosos brutos (>10 cm de diámetro) de 2 a 7 Mg C ha^{-1} . Cooms *et al.* (2002) declararon depósitos regionales de carbono sobre la base de un diseño de muestras estadísticas para una pequeña región de Nueva Zelanda. Compilaciones regionales realizadas para Canadá (Shaw *et al.*, 2005) presentan estimaciones para depósitos de carbono en hojarasca que se basan en una compilación de parcelas de muestreo no representativas, pero no incluyen estimaciones de depósitos de madera muerta. En documentos de revisión, como el de Harmon *et al.* (1986) se compila una cierta cantidad de estimaciones de la bibliografía. Por ejemplo, en el Cuadro 5, se presenta un listado con toda una gama de valores de restos leñosos brutos de bosques deciduos de zonas templadas de entre 11 y 38 Mg de materia seca ha^{-1} y para bosques de coníferas de zonas templadas de entre 10 y 511 Mg de materia seca ha^{-1} . Sin embargo, estadísticamente, no es válido calcular una media a partir de estas compilaciones, ya que no son representativas de los depósitos de madera muerta de la región.

A pesar de que la intención de estas Directrices del IPCC es brindar valores por defecto para todas las variables que se emplean en las metodologías del Nivel 1, actualmente resulta imposible ofrecer estimaciones de los valores regionales por defecto para los depósitos de carbono en hojarasca (incluyendo restos leñosos finos < 10 cm de diámetro) y en madera muerta (> 10 cm de diámetro). Las estimaciones para depósitos de hojarasca (exceptuando los restos leñosos finos) se muestran en el Cuadro 2.2. La metodología del Nivel 1 sólo requiere las estimaciones del Cuadro 2.2 para tierras convertidas de Tierras Forestales a cualquiera de las demás categorías de uso de la tierra (pérdidas de carbono) y para tierras convertidas a Tierras Forestales (ganancias de carbono). En los métodos del Nivel 1 se supone que los depósitos de hojarasca y de madera muerta equivalen a cero en todas las categorías no forestales y, por lo tanto, las transiciones entre las categorías no forestales no implican cambios en las existencias de carbono de estos dos depósitos.

CUADRO 2.2 VALORES POR DEFECTO DEL NIVEL 1 PARA EXISTENCIAS DE CARBONO EN HOJARASCA Y MADERA MUERTA				
Clima	Tipo de bosque			
	Deciduo latifoliado	Perenne acicular	Deciduo latifoliado	Perenne acicular
	Depósitos de carbono en hojarasca de bosques maduros		Depósitos de carbono en madera muerta de bosques maduros	
	(ton C ha ⁻¹)		(ton C ha ⁻¹)	
Boreal, seco	25 (10 - 58)	31 (6 - 86)	n.d ^b	n.d
Boreal, húmedo	39 (11 - 117)	55 (7 - 123)	n.d	n.d
Templado frío, seco	28 (23 - 33) ^a	27 (17 - 42) ^a	n.d	n.d
Templado frío, húmedo	16 (5 - 31) ^a	26 (10 - 48) ^a	n.d	n.d
Templado cálido, seco	28,2 (23,4 - 33,0) ^a	20,3 (17,3 - 21,1) ^a	n.d	n.d
Templado cálido, húmedo	13 (2 - 31) ^a	22 (6 - 42) ^a	n.d	n.d
Subtropical	2,8 (2 - 3)	4,1	n.d	n.d
Tropical	2,1 (1 - 3)	5,2	n.d	n.d
Fuente: Hojarasca: Nótese que estos valores no incluyen restos leñosos finos. Siltanen <i>et al.</i> , 1997; Smith y Heath, 2001; Tremblay <i>et al.</i> , 2002; y Vogt <i>et al.</i> , 1996, convirtieron masa a carbono multiplicando por el factor de conversión 0,37 (Smith y Heath, 2001). Madera muerta: no se dispone actualmente de estimaciones regionales sobre depósitos de madera muerta – para mayores comentarios véase el texto. ^a Los valores entre paréntesis con el superíndice “a” son los percentiles 5º y 95º de simulaciones de parcelas de inventario, mientras que los que no llevan el superíndice “a” indican toda la gama. ^b n.d significa “no disponible”				

2.3.3 Cambios en las existencias de carbono de los suelos

Aunque en los suelos se encuentran tanto las formas orgánicas como las inorgánicas del C, lo habitual es que el uso y la gestión de la tierra tengan un impacto mayor sobre los depósitos de C orgánico. En consecuencia, los métodos que se suministran en estas directrices se concentran, en su mayor parte, al C orgánico de los suelos. En general, la influencia del uso y la gestión del suelo sobre el C orgánico del suelo es extremadamente diferente en un suelo de tipo mineral de aquella que se produce en un suelo de tipo orgánico. Los suelos orgánicos (p. ej. turba y estiércol) tienen, como mínimo, entre un 12 y un 20 por ciento de materia orgánica por masa (véase el Capítulo 3, Anexo 3A.5, en cuanto a los criterios específicos de clasificación de suelos orgánicos) y se desarrollan bajo condiciones de mal drenaje en humedales (Brady y Weil, 1999). Todos los demás suelos se clasifican como de tipo mineral y es típico que tengan cantidades relativamente bajas de materia orgánica, y existen en condiciones de drenaje entre moderadas y buenas, y predominando en la mayoría de los ecosistemas a excepción de los humedales. En las dos secciones que siguen se analizan las influencias del uso y la gestión de la tierra sobre estos contrastantes tipos de suelos.

SUELOS MINERALES

Los suelos minerales constituyen un depósito de carbono que se ve influenciado por las actividades de uso y gestión de la tierra. El uso de la tierra puede tener un efecto de magnitud sobre el tamaño de este depósito mediante actividades tales como la conversión de pastizales y tierras forestales en tierras de cultivo, por la que se pueden perder entre un 20 y un 40% de las existencias originales de C del suelo (Mann, 1986; Davidson y Ackerman, 1993; Ogle *et al.*, 2005). Dentro de un tipo de uso de la tierra, hay una diversidad de prácticas de gestión que también tienen un impacto significativo sobre el almacenamiento de C en el suelo orgánico, en particular en las tierras de cultivo y en los pastizales (p. ej. Paustian *et al.*, 1997; Conant *et al.*, 2001; Ogle *et al.*, 2004 y 2005). En principio, las existencias de C en el suelo orgánico pueden cambiar sin que haya gestión o perturbaciones si se altera el balance neto entre los aportes y las pérdidas de C del suelo. Las actividades de gestión tienen incidencia en los aportes de C orgánico a través de los cambios en la producción vegetal (como la fertilización o la irrigación utilizadas para mejorar el crecimiento de los cultivos), los agregados directos de C de los abonos orgánicos, y la cantidad de carbono restante después de actividades de remoción de biomasa, como la cosecha de cultivos, de madera, los incendios o el pastoreo. La descomposición controla en gran parte las salidas de carbono y se puede ver influenciada por los cambios en los regímenes de humedad y temperatura, así como por el nivel de perturbaciones del suelo resultante de la actividad de gestión. Hay otros factores que también repercuten sobre la descomposición, como el clima y las características edáficas. Los efectos específicos de las diferentes conversiones del uso de la tierra y regímenes de gestión se analizan en los capítulos específicos de uso de la tierra (Capítulos 4 a 9).

La actividad de cambios y gestión del uso de la tierra también puede tener su influencia sobre el almacenamiento de C orgánico en el suelo al modificarse las tasas de erosión y la subsiguiente pérdida de C de un sitio; parte del C erosionado se descompone durante el transporte y se devuelve CO₂ a la atmósfera, mientras que el resto se deposita en otro lugar. Sin embargo, el efecto neto de la cambiante erosión del suelo a través de la gestión de la tierra es muy incierto porque hay una porción desconocida de C erosionado que se almacena en sedimentos enterrados de humedales, lagos, deltas de ríos y zonas costeras (Smith *et al.*, 2001).

SUELOS ORGÁNICOS

Los aportes de materia orgánica pueden exceder a las pérdidas por descomposición bajo condiciones anaeróbicas, las que son comunes en suelos orgánicos sin drenaje, y se pueden acumular cantidades considerables de materia orgánica con el correr del tiempo. La dinámica del carbono de estos suelos está íntimamente relacionada con las condiciones hidrológicas, incluida la humedad reinante, la profundidad del nivel freático, y las condiciones de reducción-oxidación (Clymo, 1984; Thormann *et al.*, 1999). También la composición de las especies y la química de la hojarasca pueden tener influencia sobre esta dinámica (Yavitt *et al.*, 1997).

El carbono almacenado en los suelos orgánicos se descompone rápidamente cuando las condiciones se tornan aeróbicas después del drenaje del suelo (Armentano y Menges, 1986; Kasimir-Klemetsson *et al.*, 1997). El drenaje es una práctica que se emplea en agricultura y silvicultura para mejorar las condiciones del terreno para el crecimiento vegetal. Los índices de pérdida varían según el clima y el drenaje bajo condiciones más cálidas conduce a tasas de descomposición más rápidas. Las pérdidas de CO₂ también se ven influenciadas por la profundidad del drenaje; el encalado; la fertilidad y la consistencia del sustrato orgánico; y la temperatura (Martikainen *et al.*, 1995). En los inventarios de gases de efecto invernadero se tiene en cuenta este efecto de la gestión.

Aunque lo típico es que el drenaje de suelos orgánicos libere CO₂ a la atmósfera (Armentano and Menges, 1986), también puede haber una reducción en las emisiones de CH₄ que se produzca en suelos orgánicos no

drenados (Nykänen *et al.*, 1995). Sin embargo, en las directrices para inventarios no se hace referencia a las emisiones de CH₄ de los suelos orgánicos no drenados, a excepción de unos pocos casos en los que se hace referencia a humedales gestionados (Véase el Capítulo 7, Humedales). De manera similar, es típico que en los inventarios nacionales no se estime la acumulación de C en el depósito del suelo que se produce por la acumulación de detritos vegetales en suelos orgánicos no drenados. En general, las tasas de ganancia de C son relativamente lentas en los ambientes de los humedales con suelos orgánicos (Gorham, 1991), y todo intento por estimar las ganancias de C, incluidas las creadas por restauración de humedales, tendría que incluir la consideración del incremento en las emisiones de CH₄. Véase la orientación adicional en el Capítulo 7, Humedales.

2.3.3.1 MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE C EN EL SUELO (TIERRAS QUE PERMANECEN EN LA MISMA CATEGORÍA DE USO DE LA TIERRA Y CONVERSIÓN DE TIERRAS A OTROS USOS DE LA TIERRA)

Los inventarios de C en el suelo incluyen estimaciones de los cambios en las existencias de C orgánico del suelo en suelos minerales y emisiones de CO₂ de suelos orgánicos por descomposición microbiana mejorada producida por el drenaje y por la respectiva actividad de gestión. Además, en los inventarios se pueden considerar los cambios de existencias de carbono de los depósitos de C inorgánico en el suelo (p. ej. pastizales calcáreos que se acidifican con el tiempo) si se dispone de información suficiente como para emplear un método de Nivel 3. La Ecuación 2.24 es la que se utiliza para estimar el cambio total en los inventarios de carbono del suelo:

ECUACIÓN 2.24

CAMBIO ANUAL EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO DE LOS SUELOS

$$\Delta C_{\text{Suelos}} = \Delta C_{\text{Minerales}} - L_{\text{Orgánicos}} + \Delta C_{\text{Inorgánicos}}$$

Donde:

ΔC_{Suelos} = cambio anual en las existencias de carbono de los suelos, ton C año⁻¹

$\Delta C_{\text{Minerales}}$ = cambio anual en las existencias de carbono orgánico de los suelos minerales, ton C año⁻¹

$L_{\text{Orgánicos}}$ = pérdida anual de carbono de suelos orgánicos drenados, ton C año⁻¹

$\Delta C_{\text{Inorgánicos}}$ = cambio anual en las existencias de carbono inorgánico de los suelos, ton C año⁻¹ (se supone como 0 a menos que se emplee un método de Nivel 3).

Para los métodos de los niveles 1 y 2, las existencias de C orgánico del suelo para suelos minerales se calculan a una profundidad por defecto de 30 cm. Se puede seleccionar y utilizar una profundidad mayor a Nivel 2 si se dispone de los datos, pero los factores del Nivel 1 se basan en una profundidad de 30 cm. Las existencias de C en residuos/hojarasca no se incluyen porque se los considera al estimar las existencias de materia orgánica muerta. Los cambios en los inventarios de los suelos orgánicos se basan en factores de emisión que representan las pérdida anual de C orgánico de todo el perfil debida al drenaje. No se suministran métodos de niveles 1 o 2 para estimar el cambio en los inventarios de C inorgánico del suelo debido a la limitada información científica de que se dispone para derivar factores de cambio de inventario; por ende, se supone que el flujo neto de existencias de C inorgánico equivale a cero. Se pueden usar los métodos del Nivel 3 para refinar las estimaciones de los cambios en existencias de C en suelos minerales y orgánicos y para los depósitos de C inorgánico del suelo.

Es posible que haya países que utilicen otros niveles para preparar estimaciones para suelos minerales, orgánicos y C inorgánico del suelo, según la disponibilidad de recursos. Es así que los cambios de existencias para suelos minerales y orgánicos y para depósitos de C inorgánico (sólo Nivel 3) se analizan por separado. Se puede utilizar el árbol de decisiones generalizado de las Figuras 2.4 y 2.5 para ayudar a los compiladores del inventario a determinar el nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de C en suelos minerales y orgánicos, respectivamente.

Método de Nivel 1: método por defecto

Suelos minerales

Para suelos minerales, el método por defecto se basa en los cambios de las existencias de C en el suelo durante un período finito. El cambio se calcula sobre la base de las existencias de C después del cambio de gestión con respecto a las existencias de carbono en una condición de referencia (a saber, vegetación nativa no degradada ni mejorada). Se consideran las siguientes hipótesis:

- (i) Con el transcurso del tiempo, el C orgánico del suelo alcanza un valor estable que se promedia en el espacio y que es específico para el suelo, el clima, el uso de la tierra y las prácticas de gestión; y
- (ii) Los cambios en las existencias de C orgánico del suelo durante la transición a un nuevo carbono orgánico del suelo (SOC, del inglés *soil organic carbon*) en equilibrio se producen de manera lineal.

El supuesto (i), de que, bajo un conjunto dado de condiciones climáticas y de gestión, los suelos tienden a un contenido de carbono en equilibrio, está ampliamente aceptado. Aunque, a menudo, los cambios en el carbono del suelo como respuesta a cambios en la gestión se pueden describir mejor mediante una función curvilínea, el supuesto (ii) simplifica en gran medida la metodología del Nivel 1 y nos brinda una buena aproximación durante un inventario de varios años, mientras están produciéndose cambios en la gestión y conversiones en el uso de la tierra a lo largo del período del inventario.

Empleando el método por defecto, los cambios en las existencias de C del suelo se calculan durante el período que cubre el inventario. Es factible que los períodos de inventario de establezcan sobre la base de los años en los cuales se recopile los datos de la actividad, como 1990, 1995, 2000, 2005 y 2010, lo que correspondería a los períodos de inventario de 1990-1995, 1995-2000, 2000-2005, 2005-2010. Para cada período de inventario, las existencias de C orgánico del suelo se estiman para el primer (SOC_{0-T}) y segundo año (SOC₀) basándose en la multiplicación de las existencias de C de referencia por los factores de cambio de existencias. Los índices anuales de cambio en las existencias de carbono se estiman como la diferencia entre las existencias de dos momentos dados dividida por la dependencia temporal de los factores de cambio de existencias.

ECUACIÓN 2.25
CAMBIO ANUAL EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO ORGÁNICO EN SUELOS MINERALES

$$\Delta C_{\text{Minerales}} = \frac{(SOC_0 - SOC_{(0-T)})}{D}$$

$$SOC = \sum_{c,s,i} (SOC_{REF_{c,s,i}} \cdot F_{LU_{c,s,i}} \cdot F_{MG_{c,s,i}} \cdot F_{I_{c,s,i}} \cdot A_{c,s,i})$$

(Nota: En esta ecuación, se utiliza T en lugar de D cuando T es ≥ 20 años, véase la nota al pie)

Donde:

$\Delta C_{\text{Minerales}}$ = cambio anual en las existencias de carbono de los suelos minerales, ton C año⁻¹

SOC_0 = existencias de carbono orgánico en el suelo en el último año de un período de inventario, ton C

$SOC_{(0-T)}$ = existencias de carbono orgánico en el suelo al comienzo de un período de inventario, ton C

SOC_0 y $SOC_{(0-T)}$ se calculan utilizando la ecuación del SOC del recuadro donde se asignan los factores de referencia para existencias y cambios de existencias de carbono según las actividades de uso y gestión de la tierra y las superficies respectivas en cada uno de los momentos (momento = 0 y momento = 0-T)

T = cantidad de años de un período de inventario dado, año

D = Dependencia temporal de los factores de cambio de existencias, que es el lapso por defecto para la transición entre los valores de equilibrio del SOC, año. Habitualmente 20 años, pero depende de las hipótesis que se apliquen en el cálculo de los factores F_{LU} , F_{MG} y F_I . Si T es mayor que D, úsese el valor de T para obtener la tasa anual de cambio durante el tiempo de inventario (0 – T años).

c = representa las zonas climáticas, s los tipos de suelo, e i el conjunto de sistemas de gestión que se dan en un país dado.

SOC_{REF} = las existencias de carbono de referencia, ton C ha⁻¹ (Cuadro 2.3)

F_{LU} = factor de cambio de existencias para sistemas de uso de la tierra o subsistemas de un uso de la tierra en particular, sin dimensión

[Nota: F_{ND} se sustituye por F_{LU} en el cálculo del C en suelos forestales para estimar la influencia de los regímenes de perturbaciones naturales.

F_{MG} = factor de cambio de existencias para el régimen de gestión, sin dimensión

F_I = factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica, sin dimensión

- A = superficie de tierra del estrato que se estima, ha. Toda la tierra del estrato debe tener condiciones biofísicas (es decir, clima y tipo de suelo) y una historia de gestión durante el período de inventario en común para que se la pueda considerar en su conjunto con fines analíticos.

Los cálculos de inventario se basan en superficies de tierra que están estratificadas por regiones climáticas (véase el Capítulo 3, Anexo 3A.5), en cuanto a clasificación de climas por defecto) y en tipos de suelo por defecto, como se indica en el Cuadro 2.3 (véase el Capítulo 3, Anexo 3A.5, en cuanto a clasificación de suelos por defecto). Los factores de cambio de las existencias se definen a grandes rasgos e incluyen: 1) un factor de uso de la tierra (F_{LU}) que refleja los cambios en las existencias de carbono relacionados con el tipo de uso de la tierra, 2) un factor de gestión (F_{MG}) que representa la principal práctica de gestión específica del sector de uso de la tierra (p. ej. diferentes prácticas de labores en tierras de cultivo), y 3) un factor de aporte (F_I) que representa los distintos niveles de aporte de C al suelo. Como se mencionara precedentemente, F_{ND} se sustituye por F_{LU} en las tierras forestales a fin de compensar la influencia de los regímenes de perturbaciones naturales (véase un análisis más detallado en el Capítulo 4, Sección 4.2.3). Los factores de cambio de existencias se incluyen en las secciones de C del suelo de los capítulos referidos a cada uso de la tierra en particular. Cada uno de estos factores representa el cambio que se produce durante un número dado de años (D), lo que puede variar para los distintos sectores, aunque es típico que sea invariable dentro de los sectores (p. ej. 20 años para los sistemas de tierras de cultivo). En ciertos inventarios, el tiempo requerido para el inventario (T años) puede exceder a D y, bajo tales circunstancias, se puede obtener una tasa anual de cambio en el inventario de C dividiendo el producto de $[(SOC_0 - SOC_{(0-T)}) \bullet A]$ por T, en lugar de D. Véanse las secciones de C del suelo en los capítulos sobre cada uso de la tierra por orientación detallada y paso a paso sobre la aplicación de este método.

CUADRO 2.3						
REFERENCIA POR DEFECTO (EN CASO DE VEGETACIÓN NATIVA) DE EXISTENCIAS DE C ORGÁNICO (SOC _{REF}) PARA SUELOS MINERALES						
(TON C HA ⁻¹ ENTRE 0 Y 30 CM DE PROFUNDIDAD)						
Región climática	Suelos HAC ¹	Suelos LAC ²	Suelos arenosos ³	Suelos espódicos ⁴	Suelos volcánicos ⁵	Humedales ⁶
Boreal	68	NA	10 [#]	117	20 [#]	146
Templado frío, seco	50	33	34	NA	20 [#]	87
Templado frío, húmedo	95	85	71	115	130	
Templado cálido, seco	38	24	19	NA	70 [#]	88
Templado cálido, húmedo	88	63	34	NA	80	
Boreal, seco	38	35	31	NA	50 [#]	86
Tropical, húmedo	65	47	39	NA	70 [#]	
Tropical, muy húmedo	44	60	66	NA	130 [#]	
Tropical montano	88*	63*	34*	NA	80*	

Nota: Los datos se derivaron de bases de datos sobre suelos descritas por Jobbagy y Jackson (2000) y por Bernoux *et al.* (2002). Se indican las existencias medias. Se supone una estimación de error nominal de ±90% (expresado como desviaciones estándar 2x como porcentaje de la media) para los tipos de suelo por clima. NA significa ‘no aplicable’ porque, normalmente, estos suelos no se encuentran en ciertas zonas climáticas.

[#] Indica donde no hay datos disponibles y se mantuvieron los datos por defecto de las *Directrices del IPCC de 1996*.

* No se dispuso de datos para estimar directamente las existencias de C de referencia para estos tipos de suelo en el clima tropical montano por lo que las existencias se basaron en estimaciones derivadas de la región templada cálida húmeda en las que las temperaturas y las precipitaciones anuales medias son similares.

¹ Los suelos con minerales arcillosos de alta actividad (HAC, del inglés *high activity clay*) son entre leve y moderadamente erosionados, dominados por minerales silicato-arcillosos 2:1 en la clasificación de la Base Mundial de Referencia para los Recursos de Suelos (WRB, del inglés *World Reference Base for Soil Resources*): Leptosoles, Vertisoles, Kastanozems, Chernozems, Phaeozems, Luvisoles, Alisoles, Albeluvisoles, Solonetz, Calcisoles, Gypsisoles, Umbrisoles, Cambisoles, Regosoles; en la clasificación del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, del inglés *United States Department of Agriculture*): Mollisoles, Vertisoles, Alfisoles con alta saturación de bases, Aridisoles, Inceptisoles).

² Los suelos con minerales de arcilla de baja intensidad (LAC, del inglés *low activity clay*) son muy erosionados, con predominio de minerales arcillosos 1:1, hierro amorfo y óxidos de aluminio (en la clasificación de la WRB: Acrisoles, Lixisoles, Nitisoles, Ferralsoles, Durisoles; en la clasificación del USDA: Ultisoles, Oxisoles, Alfisoles ácidos).

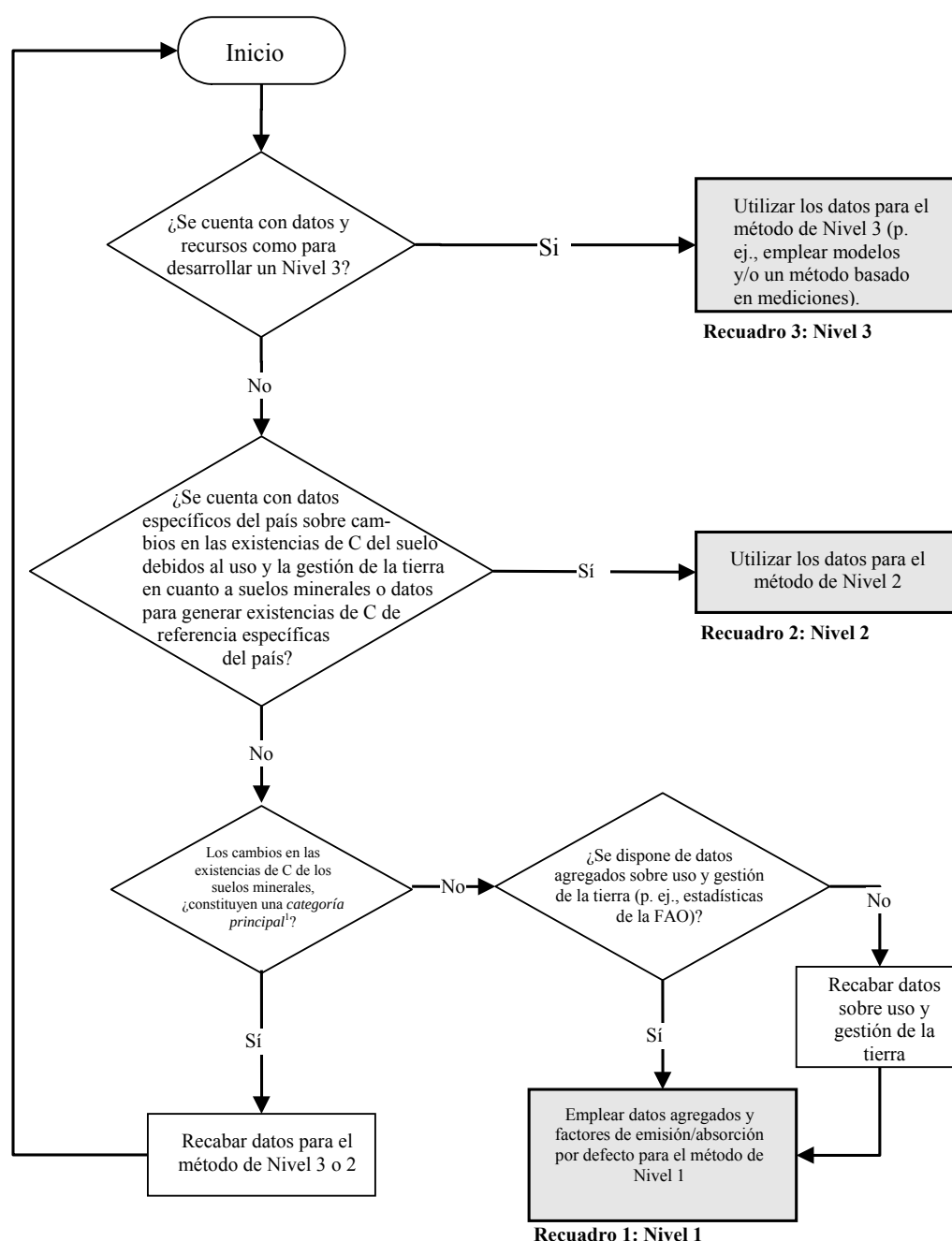
³ Incluye todos los suelos (independientemente de su clasificación taxonómica) que tienen >70% de arena y <8% de arcilla, en base a análisis de textura estándar (en la clasificación de la WRB: Arenosoles; en la clasificación del USDA: Psamments).

⁴ Suelos que muestran una fuerte podzolización (en la clasificación de la WRB: los Podzoles; en la clasificación del USDA: los Spodosoles).

⁵ Los suelos derivados de cenizas volcánicas con mineralogía alofánica (en la clasificación de la WRB: Andosoles; en la clasificación del USDA: Andisoles).

⁶ Suelos con drenaje limitado, lo que trae acarreadas periódicas inundaciones y condiciones anaeróbicas (en la clasificación de la WRB: Gleysoles; en la clasificación del USDA: subórdenes Aquic).

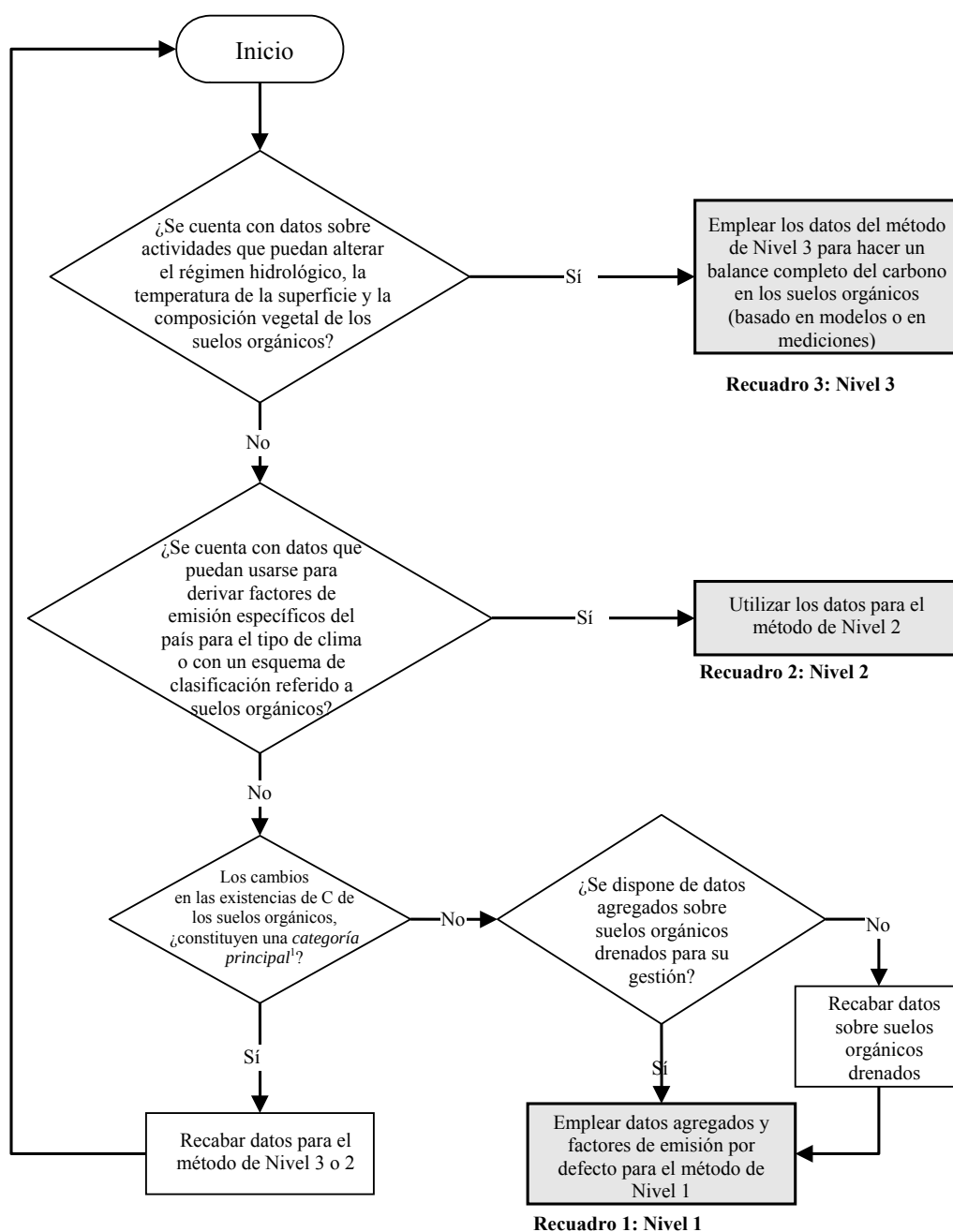
Figura 2.4 **Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en suelos minerales por categoría de uso de la tierra.**



Nota:

1: Véase el Volumen 1, Capítulo 4, «Opción metodológica e identificación de categorías principales» (principalmente la sección 4.1.2 relativa a los recursos limitados) para el análisis de las *categorías principales* y el uso de los árboles de decisión.

Figura 2.5 **Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en suelos orgánicos por categoría de uso de la tierra.**



Nota:

1: Véase el Volumen 1, Capítulo 4, «Opción metodológica e identificación de categorías principales» (principalmente la sección 4.1.2 relativa a los recursos limitados) para el análisis de las *categorías principales* y el uso de los árboles de decisión.

Cuando se aplica el método de Nivel 1, e incluso el de Nivel 2, empleando la Ecuación 2.25, los datos de la actividad del tipo de uso y de gestión de la tierra tienen una influencia directa en la formulación de la ecuación (véase el Recuadro 2.1). Los datos de actividad recopilados con el Método 1 concuerdan con la Fórmula A, mientras que los datos de la actividad recopilados con el Método 2 o 3 concorderán con la Fórmula B (Véase el Capítulo 3 por un análisis adicional sobre los Métodos para la recolección de datos de la actividad).

RECUADRO 2.1

FORMULACIONES ALTERNATIVAS DE LA ECUACIÓN 2.25 PARA LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD DEL MÉTODO 1 VERSUS LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD DE LOS MÉTODOS 2 O 3 CON MATRICES DE TRANSICIÓN

Hay dos formulaciones alternativas posibles para la Ecuación, según el Método que se utilice para recopilar los datos de la actividad, incluyendo:

Fórmula A (Método 1 para recolección de datos de la actividad)

$$\Delta C_{Minerales} = \frac{\left[\sum_{c,s,i} \left(SOC_{REF_{c,s,i}} \cdot F_{LU_{c,s,i}} \cdot F_{MG_{c,s,i}} \cdot F_{I_{c,s,i}} \cdot A_{c,s,i} \right) \right]_0 - \left[\sum_{c,s,i} \left(SOC_{REF_{c,s,i}} \cdot F_{LU_{c,s,i}} \cdot F_{MG_{c,s,i}} \cdot F_{I_{c,s,i}} \cdot A_{c,s,i} \right) \right]_{(0-T)}}{D}$$

Fórmula B (Métodos 2 y 3 para recolección de datos de la actividad)

$$\Delta C_{Minerales} = \frac{\sum_{c,s,p} \left[\left\{ \left(SOC_{REF_{c,s,p}} \cdot F_{LU_{c,s,p}} \cdot F_{MG_{c,s,p}} \cdot F_{I_{c,s,p}} \right)_0 - \left(SOC_{REF_{c,s,p}} \cdot F_{LU_{c,s,p}} \cdot F_{MG_{c,s,p}} \cdot F_{I_{c,s,p}} \right)_{(0-T)} \right\} \cdot A_{c,s,p} \right]}{D}$$

Donde:

p = parcela de tierra

Véase la descripción de otros términos bajo la Ecuación 2.25.

Puede que los datos de la actividad sólo estén disponibles aplicando el Método 1 para la recolección de datos (Capítulo 3). Estos datos incluyen el total de la superficie en dos momentos dados para los sistemas climáticos, de suelos y de uso/gestión de la tierra, sin cuantificación de las transiciones específicas en el uso y la gestión de la tierra durante el lapso que duró el inventario (es decir, sólo se conoce el cambio acumulado o neto, pero no los cambios brutos de actividad). Con los datos de la actividad del Método 1, los cambios en las existencias de C mineral se computan empleando la fórmula A de la Ecuación 2.25. Contratando con lo anterior, los datos de la actividad se pueden recopilar sobre la base de sondeos, de imágenes de detección remota o de otros datos que suministran no sólo las superficies totales para cada sistema de gestión de la tierra, sino también las transiciones específicas en el uso y la gestión de la tierra con el correr del tiempo en parcelas individuales de tierra. Se los considera datos de la actividad de los Métodos 2 y 3 en el Capítulo 3, y los cambios en las existencias de C del suelo se calculan utilizando la fórmula B de la Ecuación 2.25. La Fórmula B contiene los valores acumulados por parcela de tierra (es decir, “ p ” representa las parcelas de la fórmula B y no el conjunto de sistemas de gestión “ i ”), lo que le permite al compilador del inventario calcular los cambios de las existencias de C parcela por parcela.

Se requiere atención especial si se emplean los datos de la actividad del Método 1 (Véase el Capítulo 3) como base para estimar los efectos del uso y la gestión de la tierra sobre las existencias de C en el suelo, empleando la Ecuación 2.25. Los datos del Método 1 no registran las transiciones de parcelas individuales y, por lo tanto, los

cambios de las existencias del SOC se calculan para periodos de inventario equivalentes a D años, o lo más cercanos posible a D, lo que significa 20 años en el método del Nivel 1. Por ejemplo, las tierras de cultivo se pueden convertir de laboreo total a ninguna gestión de laboreo entre 1990 y 1995, y por la Fórmula A (véase el Recuadro 2.1) se estimaría una ganancia de C del suelo para ese período del inventario. En cambio, suponiendo que esa misma parcela permanece sin laboreo alguno entre 1995 y 2000, no se computaría ganancia adicional de C (es decir, las existencias para 1995 se basarían en gestión sin laboreo y no diferirían de las existencias del año 2000 (SOC_0), que también están basadas en gestión sin laboreo). Si se emplea el método por defecto, habría un error en esta estimación porque el cambio en las existencias de C del suelo se produce durante el transcurso de 20 años (es decir, $D = 20$ años). Por lo tanto, $SOC_{(0-T)}$ se estima para el momento más distante que se emplee en los cálculos del inventario de hasta D años previos al último año de los periodos de inventario (SOC_0). Por ejemplo, suponiendo que D es 20 y que el inventario se basa en datos de la actividad de los años 1990, 1995, 2000, 2005 y 2010, $SOC_{(0-T)}$ se calculará para 1990 para estimar el cambio en C orgánico del suelo para cada uno de los demás años, (es decir, 1995, 2000, 2005 y 2010). El año para la estimación del $SOC_{(0-T)}$ en este ejemplo no va a cambiar hasta que se recopilen los datos de la actividad del año 2011 o posteriores (p. ej. el cálculo del cambio en las existencias de C para 2011 se basaría en el año más distante, que no exceda a D, lo que en este ejemplo sería 1995).

Si se dispone de matrices de transición (es decir, datos de la actividad de los Métodos 2 o 3), los cambios pueden estimarse entre cada uno de los años sucesivos. Partiendo del ejemplo anterior, ciertas tierras sin laboreo pueden volver a una gestión de laboreo total entre 1995 y 2000. En este caso, la ganancia en reservas de C entre 1990 y 1995 para las tierras vueltas a laboreo total debe descontarse entre 1995 y 2000. Es más: no sería necesario ningún cambio adicional en las existencias de C para las tierras vueltas a laboreo total después de 2000 (suponiendo que la gestión de laboreo siguió siendo la misma). Sólo las tierras que permanecieran sin laboreo continuarían ganando C hasta 2010 (es decir, considerando que D es 20 años). Por ende, en los inventarios en los que se empleen matrices de transición de los datos de la actividad de los Métodos 2 y 3 se deberá tener más cuidado al manejar los periodos para los cuales se calculan pérdidas o ganancias de SOC. Véase el Recuadro 2.2 para mayores detalles. La aplicación del método de estimación de C del suelo es mucho más simple si se utilizan solamente estadística agregadas con los datos de actividad del Método 1. No obstante, constituye una *buen práctica* que los países utilicen matrices de transición de los datos de la actividad de los Métodos 1 y 2 si esa información está disponible, porque los datos estadísticos más detallados van a proporcionar una estimación mejorada de los cambios anuales en las existencias de C orgánico de los suelos.

Puede haber algunos casos en los que los datos de la actividad se recopilan durante lapsos más prolongados que el tiempo del que dependen los factores de cambio de existencias (D), como cada 30 años con un D de 20. En esos casos, los cambios anuales de existencias pueden estimarse directamente entre los sucesivos años de recolección de datos de la actividad (p. ej. 1990, 2020 y 2050) sin que se sobreestime o se subestime la tasa de cambio anual, siempre que se sustituya T por D en la Ecuación 2.25.

Suelos orgánicos

La metodología básica para estimar las emisiones de C de suelos orgánicos (p. ej. derivados de turba) es asignar un factor de emisión anual por el que se estiman las pérdidas de C que siguen al drenaje. El drenaje estimula la oxidación de la materia orgánica previamente acumulada en un ambiente mayormente anóxico. Específicamente la superficie de los suelos orgánicos drenados y gestionados bajo cada tipo de clima se multiplica por el factor de emisión asociado para derivar una estimación de las emisiones anuales de CO_2 (fuente), según se presenta en la Ecuación 2.26:

ECUACIÓN 2.26 PÉRDIDA ANUAL DE CARBONO DE SUELOS ORGÁNICOS DRENADOS (CO_2)

$$L_{Orgánicos} = \sum_c (A \bullet EF)_c$$

Donde:

$L_{orgánicos}$ = pérdida anual de carbono de suelos orgánicos drenados, ton C año⁻¹

A = superficie de los suelos orgánicos drenados en el tipo de clima c, ha

Nota: La A es la misma superficie (F_{os}) que se utiliza para estimar las emisiones de N_2O en el Capítulo 11, Ecuaciones 11.1 y 11.2.

EF = factor de emisión para el tipo de clima c, ton C ha⁻¹ año⁻¹

Véanse las secciones sobre C del suelo en los capítulos de cada uso de la tierra por orientación paso a paso, respecto a la aplicación de este método.

RECUADRO 2.2
COMPARACIÓN ENTRE EL USO DE LAS ESTADÍSTICAS AGREGADAS DEL MÉTODO 1 Y LOS DATOS DE LA
ACTIVIDAD DE LOS MÉTODOS 2 O 3 CON MATRICES DE TRANSICIÓN

Suponer un país en el que la fracción de tierra esté sujeta a cambios en el uso de la tierra, como se indica en el cuadro siguiente, donde cada línea representa a una unidad de territorio con una superficie de 1 Mha (F = tierras forestales; C = tierras de cultivo; G = Pastizales).

Ident. unidad territorial	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
1	F	C	C	C	C	C	C
2	F	C	C	C	G	G	G
3	G	C	C	C	C	G	G
4	G	G	F	F	F	F	F
5	C	C	C	C	G	G	G
6	C	C	G	G	G	C	C

Para simplificar, se asume que el país tiene un único tipo de suelo, con un valor de SOC_{Ref} (0-30 cm) de 77 ton C $h\dot{a}^{-1}$, correspondiente a vegetación boscosa. Los valores de F_{LU} son 1,00, 1,05 y 0,92 para F, G y C, respectivamente. Se asume que F_{MG} y F_I equivalente a 1. La dependencia temporal de los factores de cambio de existencias (D) es de 20 años. Por último, se supone que el uso de la tierra está en equilibrio en 1990 (es decir, que no se produjeron cambios en el uso de la tierra durante los 20 años previos a 1990). Cuando se emplean los datos de la actividad del Método 1 (es decir, datos estadísticos agregados), los cambios anuales en las existencias de carbono se calculan para cada año de inventario siguiendo la Ecuación 2.25 precedente. En la tabla siguiente se presentan los resultados de los cálculos:

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
F (Mha)	2	0	1	1	1	1	1
G (Mha)	2	1	1	1	3	3	3
C (Mha)	2	5	4	4	2	2	2
SOC_0 (Mt C)	458	436	442	442	462	462	462
$SOC_{(0-T)}$ (Mt C)	458	458	458	458	458	436	442
$\Delta C_{Mineral}$ (Mt C $a\dot{n}o^{-1}$)	0	-1.1	-0.8	-0.8	0.2	1.3	1.0

Si se utilizan datos de los Métodos 2 o 3, en lo que se conocen explícitamente los cambios en el uso de la tierra, las existencias de carbono se pueden contabilizar teniendo en cuenta los cambios históricos de cada unidad territorial en particular. El total de las existencias de carbono de la suma de todas las unidades se compara con el año de inventario anterior más próximo, y no con el inventario de 20 años atrás, para estimar los cambios anuales en las existencias de carbono.

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
SOC_0 (Mt C) p/la unidad 1	77.0	75.5	74.0	72.5	71.0	71.0	71.0
SOC_0 (Mt C) p/la unidad 2	77.0	75.5	74.0	72.5	75.0	77.5	80.0
SOC_0 (Mt C) p/la unidad 3	81.0	78.5	76.0	73.5	71.0	73.5	76.0
SOC_0 (Mt C) p/la unidad 4	81.0	81.0	80.0	79.0	78.0	77.0	77.0
SOC_0 (Mt C) p/la unidad 5	71.0	71.0	71.0	71.0	73.5	76.0	78.5
SOC_0 (Mt C) p/la unidad 6	71.0	71.0	73.5	76.0	78.5	76.0	73.5
SOC_0 (Mt C)	458	453	449	445	447	451	456
$SOC_{(0-T)}$ (Mt C)	458	458	453	449	445	447	451
$\Delta C_{Mineral}$ (Mt C $a\dot{n}o^{-1}$)	0	-1.1	-0.8	-0.8	0.5	0.8	1.0

Los dos métodos dan como resultado estimaciones diferentes de las existencias de carbono, y el uso de los datos de los Métodos 2 o 3 con matrices de transición sería más exacto que el uso de las estadísticas agregadas del Método 1. No obstante, generalmente, las estimaciones de los cambios anuales de las existencias de carbono no serían muy diferentes, como se muestra en este ejemplo. El efecto de la forma de abordar los datos subyacentes en las estimaciones difiere más cuando hay múltiples cambios en el uso de la tierra en el mismo terreno (como en las unidades territoriales 2, 3 y 6 del ejemplo anterior). Es de hacer notar que los datos de la actividad de los Métodos 1, 2 y 3 producen los mismos cambios en las existencias de C si los sistemas alcanzan un nuevo equilibrio, lo que sucede cuando no hay cambios en el uso y la gestión de la tierra durante un período de 20 años empleando el método de Nivel 1. Por lo tanto, no se pierden inadvertidamente incrementos o pérdidas en las existencias de C cuando se aplican los métodos respecto de los datos de la actividad de los Métodos 1, 2 o 3, aunque la dinámica temporal sí varía en cierto grado como se demostró anteriormente.

C inorgánico del suelo

Los efectos de las actividades de uso y gestión de la tierra sobre las existencias y los flujos de C en suelos inorgánicos tienen relación con la hidrología del lugar y dependen de la mineralogía específica del suelo. Es más: la estimación correcta de los efectos requiere seguirle el rastro al carbono inorgánico disuelto que se descarga y a los cationes de base de la tierra gestionada, por lo menos hasta que hayan sido capturados por completo en el ciclo de C inorgánico oceánico. Por ende, se requiere un análisis hidrogeoquímico exhaustivo que rastree el destino de especies disueltas de CO₂, carbonato y bicarbonato y de cationes de base (p. ej. Ca y Mg) aplicados a, que se encuentran en o descargados de tierras gestionadas en el largo plazo, para poder estimar correctamente los cambios en las existencias netas. Un análisis de este carácter requiere un método del Nivel 3.

Método de Nivel 2: incorporación de datos específicos del país

Un método del Nivel 2 es una extensión natural del método de Nivel 1 que permite que, en un inventario, se incorporen datos específicos del país, a la vez que se utilizan ecuaciones por defecto proporcionadas para suelos minerales y orgánicos. Constituye una *buena práctica* que los países utilicen un método de Nivel 2 –de ser posible–, incluso si sólo pueden especificar mejor ciertos componentes del método por defecto del Nivel 1. Por ejemplo, un país puede contar solamente con datos para derivar existencias de C de referencia que son específicas del país, las que, entonces, se utilizarían con factores por defecto de cambio de existencias para estimar los cambios en las existencias de C orgánico del suelo para suelos minerales.

Suelos minerales

Los datos específicos del país pueden usarse para mejorar cuatro componentes del método de inventario de Nivel 1 en la estimación de cambios de existencias en suelos minerales, incluida la derivación de factores de cambio de existencias específicas de la región o del país y/o existencias de C de referencia, además de mejorar las especificaciones de los sistemas de gestión, el clima o las categorías de suelos (p. ej. Ogle *et al.*, 2003; Vanden Bygaart *et al.*, 2004; Tate *et al.*, 2005). Los compiladores del inventario pueden decidir derivar valores específicos para todos estos componentes, o para cualquier subconjunto, los que se combinarían con valores por defecto provistos en el método del Nivel 1 para completar los cálculos de inventario empleando la Ecuación 2.25. Asimismo, en el Nivel 2 se utiliza un procedimiento con los mismos pasos para los cálculos que el Nivel 1.

1) Cómo definir sistemas de gestión Aunque se pueden utilizar los mismos sistemas de gestión en un inventario de Nivel 2 que los que se encuentran en el Nivel 1, los sistemas por defecto pueden desagregarse a una categorización más exacta que represente mejor los impactos de la gestión sobre las existencias de C orgánico en el suelo en un país dado, sobre la base de los datos empíricos (es decir, que los factores de cambio de existencias varíen significativamente para los sistemas de gestión propuestos). Sin embargo, semejante tarea sólo es posible si hay suficiente detalle en los datos que sustentan la clasificación de la superficie de tierra en el conjunto más exacto y más detallado de sistemas de gestión.

2) Regiones climáticas y tipos de suelos. Los países que cuentan con clasificaciones detalladas de los suelos y con datos climáticos tienen la opción de desarrollar clasificaciones específicas del país. Más aun: se considera una *buena práctica* especificar mejor las regiones climáticas y los tipos de suelos durante el desarrollo de un inventario de Nivel 2 si la nueva clasificación mejora las especificaciones de las existencias de C de referencia y/o los factores de cambio de existencias. En la práctica, las existencias de carbono de referencia y/o los factores de cambio de existencias deben diferir significativamente entre las regiones climáticas y los tipos de suelo propuestos, sobre la base de un análisis empírico. Nótese que especificar nuevas regiones climáticas y/o tipos de suelos exige derivar las existencias de C de referencia y los factores de cambio de existencias que sean específicos del país. Las existencias de C de referencia y los factores de cambio de existencias por defecto sólo son apropiados para inventarios en los que se emplean tipos de clima y de suelos por defecto.

3) Existencias de C de referencia Derivar existencias de C de referencia específicas para el país (SOC_{Ref}) es otra posibilidad para mejorar un inventario cuando se usa un método de Nivel 2 (Bernoux *et al.*, 2002). Es factible que el uso de datos específicos del país para estimar las existencias de referencia produzca valores más exactos y representativos. La derivación de existencias de C del suelo de referencia específicas para un país se puede lograr a partir de las mediciones de suelos, por ejemplo, como parte de un relevamiento de suelos del país. Es importante que se utilicen descripciones taxonómicas fiables para agrupar los suelos en categorías. Hay otros tres aspectos a considerar al derivar valores específicos del país, incluidas las posibles especificaciones de categorías de suelos y regiones climáticas específicas del país (es decir, en lugar de utilizar la clasificación por defecto del IPCC), la elección de la condición de referencia, y el incremento de la profundidad en base al cual se estiman las existencias. Las existencias se calculan multiplicando la proporción de carbono orgánico (es decir, %C dividido por 100) por el incremento de profundidad (por defecto es de 30 cm), la densidad aparente, y la proporción de suelo libre de fragmentos gruesos (es decir, fragmentos de < 2 mm) en el incremento de la profundidad (Ogle *et al.*, 2003). La proporción de libre de fragmentos gruesos se basa en la masa (es decir, masa de suelo libre de fragmentos gruesos/masa total del suelo).

La condición de referencia es la categoría de uso de la tierra/cubierta que se utiliza para evaluar el efecto relativo de los cambios en el uso de la tierra sobre la cantidad de reserva de C en el suelo (p. ej. diferencia relativa en reservas de C entre una condición de referencia, como la de las tierras nativas, y otros usos de la tierra, como en las tierras de cultivo, que brindan la base para F_{LU} en la Ecuación 2.25). El método del Nivel 1, la condición de referencia es la de las tierras nativas (es decir, tierras no degradadas ni mejoradas con vegetación natural) y es factible que muchos países utilicen esta misma referencia en un método de Nivel 2. No obstante, se puede seleccionar otro uso de la tierra para la referencia y esto se consideraría una *buena práctica* si permite realizar una evaluación más sólida de los valores de existencias de referencia específicos de un país. Las existencias de referencia deben ser coherentes para todos los usos de la tierra (es decir, tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales, asentamientos y otras tierras), lo que requiere coordinación entre los distintos equipos a cargo de los inventarios de C del suelo para el Sector AFOLU.

Otro aspecto a considerar en la derivación de existencias de C de referencia específicas para un país es la posibilidad de estimar las reservas de C a mayor profundidad en el suelo (es decir, a un perfil más bajo). En las existencias por defecto que se proporcionan en el Cuadro 2.3 se contabiliza el C orgánico presente en los 30 cm superiores del perfil del suelo. Es una *buena práctica* derivar las existencias de C de referencia a una mayor profundidad si hay datos suficientes y si queda claro que los cambios en el uso del suelo y su gestión tienen un impacto significativo sobre el incremento de profundidad propuesto. Todo cambio en la profundidad respecto a las existencias de C de referencia exige la derivación de nuevos factores de cambio de existencias, dado que los valores por defecto también están basados en impactos a una profundidad de 30 cm.

4) Factores de cambio de existencias Un avance importante para un método del Nivel 2 es la estimación de los factores de cambio de existencias específicos para un país (F_{LU} , F_{MG} and F_I). La derivación de los factores específicos del país se puede lograr utilizando datos experimentales/de mediciones y la simulación de modelos por ordenador. En la práctica, derivar los factores de cambio de existencias implica estimar una relación de respuesta para cada estudio u observación (es decir, las existencias de C en diferentes clases de aportes o de gestión se dividen por el valor para la práctica nominal, respectivamente).

Lo óptimo es que los factores de cambio de existencias se basan en datos experimentales/de medición en el país o en la región circundante, mediante la estimación de las relaciones de respuesta de cada estudio y, después, analizando esos valores empleando una técnica estadística apropiada (p. ej. Ogle *et al.*, 2003 y 2004; Vanden Bygaart *et al.*, 2004). Se puede encontrar estudios en la bibliografía, informes y otras fuentes, o los compiladores del inventario pueden decidir realizar nuevos experimentos. Independientemente de la fuente de datos, constituye una *buena práctica* que las parcelas que se comparen tengan antecedentes y gestión similares, así como una posición topográfica y propiedades físicas del suelo similares, y que estén ubicadas con bastante proximidad. Los estudios deben suministrar las existencias de C (es decir, masa por unidad de superficie a una profundidad dada) o la información necesaria para estimar las existencias de SOC (es decir, porcentaje de materia orgánica junto con densidad aparente, proporción de roca en el suelo, que a menudo se mide como aquella mayor de una fracción de 2 mm y que, por definición, no contiene C en suelo orgánico). Si se dispone del porcentaje de materia orgánica en lugar del de carbono orgánico, se puede utilizar un factor de conversión de 0,58 para estimar el contenido de C. Más aun: es una *buena práctica* que las mediciones de existencias de C en el suelo se tomen en base a una masa equivalente (p. ej. Ellert *et al.*, 2001; Gifford y Roderick, 2003). A fin de utilizar este método, el compilador del inventario debe determinar una profundidad para medir las existencias de C para el uso de la tierra o la práctica nominales, tales como tierras nativas o laboreo convencional. Esta profundidad debe ser coherente con la empleada para las existencias de C de referencia. Entonces, las existencias de C del suelo para los cambios en uso y gestión de la tierra se miden a una profundidad con la masa de suelo equivalente.

Otra opción para derivar valores específicos del país es simular factores de cambio de existencias a partir de modelos avanzados (Bhatti *et al.*, 2001). Para demostrar el uso de modelos avanzados, los factores simulados de cambio de existencias se pueden comparar con los cambios de existencias de C medidos en experimentos. Una buena práctica es proporcionar los resultados de la evaluación del modelo, citando los documentos publicados en la bibliografía y/o incluir los resultados en el informe del inventario. Este método se considera de Nivel 2 porque se basa en el concepto del factor de cambio de existencias y en el método de estimación de C elaborado en el método de Nivel 1.

La derivación de factores de gestión específicos de un país (F_{MG}) y de factores de aporte (F_I), ya sea mediante datos empíricos o con modelos avanzados, requerirá ser coherente con la clasificación de sistemas de gestión. Si se especifican más sistemas para el inventario, se deberán derivar factores exclusivos que representen a las categorías más exactas para un uso de la tierra en particular.

Otro aspecto a considerar al derivar factores de cambio de existencias específicos de un país es la dependencia temporal que lleven asociada (D en la Ecuación 2.25), la que determina la cantidad de años durante los cuales se produce la mayoría de los cambios en las existencias de C orgánico en el suelo, después de un cambio en la gestión. Es posible emplear una dependencia temporal (D) por defecto para el sector de uso de la tierra (p. ej. 20

años para tierras de cultivo), pero la dependencia puede cambiarse si se dispone de datos suficientes para justificar un lapso diferente. Además, el método está diseñado para utilizar la misma dependencia temporal (D) para todos los factores de cambio de existencias como se presenta en la Ecuación 2.25. Si se seleccionan diferentes períodos para F_{LU} , F_{MG} y F_I , va a ser necesario calcular la influencia del uso de la tierra, de la gestión y de los aportes por separado, y dividir la dependencia asociada con los cambios de existencias. Esto puede lograrse modificando la Ecuación 2.25 de manera que el SOC en los momentos T y 0-T se calcule individualmente para cada uno de los factores de cambio de existencias (es decir, el SOC se calcula sólo con F_{LU} , después con F_{MG} y, por último, con F_I). Las diferencias se calculan para las existencias asociadas con uso de la tierra, gestión y aporte, dividiendo por sus respectivos valores D, y recién entonces se suman los cambios.

Normalmente, los cambios en las existencias de C tienen lugar de manera no lineal e, incluso, es posible desarrollar la dependencia temporal de los factores de cambio de existencias para reflejar esta pauta. Respecto a los cambios en el uso o la gestión de la tierra que provoquen una reducción en el contenido de C del suelo, la tasa de cambio es más alta durante los primeros años y declina progresivamente con el transcurso del tiempo. Por el contrario, cuando el C del suelo está en aumento debido a cambios en el uso o la gestión de la tierra, la tasa de acumulación tiende a seguir una curva sigmoidea, con tasas de cambio más lentas al principio, que luego se incrementan, y posteriormente se reducen con el tiempo. Si se hace un seguimiento explícito de los cambios históricos en las prácticas de uso y gestión de la tierra mediante sondeo de los mismos lugares (es decir, datos de la actividad de los Métodos 2 o 3, véase el Capítulo 3), es posible que se pueda aplicar un método de Nivel 2 que incorpore la no linealidad de los cambios en las existencias de C del suelo.

De manera similar a la dependencia temporal, la profundidad respecto a la cual se miden los impactos puede diferenciarse de la del método por defecto. Sin embargo, es importante que las existencias de C de referencia (SOC_{Ref}) y los factores de cambio de existencias (F_{LU} , F_{MG} , F_I) se determinen para una profundidad en común y que sean coherentes para todo el sector de uso de la tierra, a fin de que se manejen conversiones entre usos sin inflar ni desinflar artificialmente las estimaciones de cambios en las existencias de C del suelo. Constituye una *buena práctica* documentar la fuente de información y la información básica que subyace a los nuevos factores del proceso de generación de informes.

Suelos orgánicos

Un método de Nivel 2 para emisiones de CO_2 relacionadas con el drenaje de suelos orgánicos incluye información específica del país al inventario, para estimar las emisiones aplicando la Ecuación 2.26 (véase la sección previa del Nivel 1 en cuanto a un análisis adicional sobre las ecuaciones y la aplicación generales de este método). Asimismo, en el Nivel 2 se utiliza un procedimiento con los mismos pasos para los cálculos que se proporcionarían para el Nivel 1. Las potenciales mejoras al método del Nivel 1 pueden incluir: 1) una derivación de los factores de emisión específicos del país, 2) especificaciones de las regiones climáticas consideradas más adecuadas para el país, o 3) una clasificación más pormenorizada y más detallada de los sistemas de gestión atribuidos a la categoría de uso de la tierra.

La derivación de los factores de emisión específicos del país constituye una *buena práctica* si se dispone de datos experimentales. Asimismo: es una *buena práctica* utilizar una clasificación más pormenorizada para el clima y los sistemas de gestión, si existen diferencias significativas en las tasas de pérdida de C medidas entre las clases propuestas. Nótese que toda derivación debe ir acompañada de una cantidad suficiente de datos de la actividad de uso/gestión de la tierra y ambientales que representen las regiones climáticas y los sistemas de gestión propuestos a escala nacional. El desarrollo del inventario de Nivel 2 para los suelos orgánicos merece las mismas consideraciones que el de suelos minerales que se analizara en la sección anterior.

Los factores de emisión específicos del país para los suelos orgánicos pueden basarse en mediciones de las reducciones anuales en existencias de C para todo el perfil del suelo. Otra alternativa es emplear el hundimiento de la tierra como medida sustituto para la pérdida de C que sucede al drenaje (p. ej. Armentano y Menges, 1986). La pérdida de C se calcula como fracción del hundimiento anual atribuido a la oxidación de la materia orgánica, al contenido de C de la materia orgánica mineralizada, y a la densidad aparente del suelo (Ogle *et al.*, 2003).

C inorgánico del suelo

Véase lo analizado para esta subcategoría bajo el Nivel 1.

Nivel 3: sistemas de estimación avanzados

Es típico que los métodos de Nivel 3 para estimar el C del suelo impliquen el desarrollo de un sistema de estimación de avanzada que va a capturar mejor la variabilidad anual de los flujos, a diferencia de los métodos de los Niveles 1 y 2 en los que, en su mayor parte, se supone un cambio anual constante en las existencias de C dentro de un período de inventario basado en un factor de cambio de existencias. Básicamente, los Niveles 1 y 2 representan los impactos del uso y la gestión de la tierra sobre las existencias de C del suelo como traspaso lineal de un estado de equilibrio a otro. Para comprender mejor lo que esto implica, es importante señalar que, normalmente, las existencias de C del suelo no están en un estado de equilibrio absoluto ni cambian de una manera lineal a lo largo del período de transición, ya que muchas de las variables motrices que afectan a las

existencias son dinámicas y cambian periódicamente a escalas temporales más breves antes de que se alcance un nuevo «casi» equilibrio. Con los métodos de Nivel 3 se puede manejar esta no linealidad utilizando modelos más avanzados que los de los métodos de Niveles 1 y 2, y/o desarrollando un inventario basado en mediciones con una red de monitorización. Además, con los inventarios de Nivel 3 se pueden capturar efectos hereditarios de uso y gestión de la tierra de más largo plazo. Contrariamente, es típico que los métodos de los Niveles 1 y 2 sólo consideren la influencia más reciente del uso y la gestión de la tierra, como sucede con los últimos 20 años para las existencias de C mineral. Véase la Sección 2.5 (Orientación genérica para los métodos de Nivel 3) para conocer un análisis adicional sobre los métodos de Nivel 3 que va más allá que el texto que se presenta a continuación.

Suelos minerales

Los enfoques basados en modelos pueden emplear modelos de simulación mecanicista que capturan los procesos subyacentes que generan las ganancias y pérdidas de carbono de los suelos dentro de un marco cuantitativo, como lo es la influencia del uso y la gestión de la tierra sobre los procesos que controlan el aporte de carbono resultante de la producción vegetal y de la caída de hojarasca, así como de la descomposición microbiana (p. ej. McGill, 1996; Smith *et al.*, 1997b; Smith *et al.*, 2000; Falloon y Smith, 2002; and Tate *et al.*, 2005). Nótese que los métodos de Nivel 3 proporcionan la única oportunidad que existe hoy día de estimar explícitamente el impacto de la erosión del suelo sobre los flujos de C. Además, los enfoques basados en modelos del Nivel 3 permiten representar las transferencias de C entre biomasa, biomasa muerta y suelos, lo que resulta ventajoso para garantizar la conservación de la masa en las predicciones de cambios en las existencias de C de estos depósitos, con respecto a las absorciones y emisiones de CO₂ a la atmósfera.

Los enfoques de modelización de Nivel 3 permiten considerar la influencia del uso y la gestión de la tierra con una representación dinámica de las condiciones ambientales que afectan a los procesos que controlan las existencias de C en el suelo, como lo son las condiciones meteorológicas, las características edáficas y otras variables. El impacto del uso y la gestión de la tierra sobre las existencias de C en el suelo puede variar a medida que cambian las condiciones ambientales, cambios que no son capturados por los niveles más bajos, lo que puede crear sesgo en esos resultados. En consecuencia, los métodos de Nivel 3 tienen la capacidad de proporcionar una estimación más exacta de los cambios en las existencias de C relacionadas con las actividades de uso y gestión de la tierra.

Para los métodos de Nivel 3, se va a requerir un conjunto de sitios de referencia para poder evaluar los resultados del modelo. Lo ideal sería establecer una serie de sitios de monitorización de referencia permanentes con diseño reiterado estadísticamente, que capturara las regiones climáticas, tipos de suelos y sistemas de gestión principales, así como los cambios de sistemas, lo que permitiría efectuar repetidas mediciones de existencias de C orgánico en el suelo con el correr del tiempo (Smith, 2004a). La monitorización se basa en un remuestreo de parcelas cada 3 a 5 años o cada década; es factible que las frecuencias de muestreo menores no produzcan diferencias significativas, dada la poca magnitud de los cambios anuales de las existencias de C con relación a la gran cantidad total de C en el suelo (IPCC, 2000; Smith, 2004b).

Además de los enfoques basados en modelos, los métodos de Nivel 3 brindan la oportunidad de desarrollar un inventario basado en mediciones, empleando una red de monitorización similar a la que se utiliza para la evaluación de modelos. No obstante, las redes de medición, que sirven de base para un inventario completo, tendrán una densidad de muestreo considerablemente mayor, a fin de minimizar la incertidumbre, y para representar a todos los sistemas de gestión y los asociados cambios en el uso de la tierra, en todas las regiones climáticas y en todos los principales tipos de suelos (Sleutel *et al.*, 2003; Lettens *et al.*, 2004). Las redes de medición pueden basarse en el muestreo de suelos en sitios de referencia o en redes de torres de flujo. Las torres de flujo, como las que emplean los sistemas de covarianza por remolinos (Baldocchi *et al.*, 2001), constituyen un caso exclusivo por el hecho de que miden el intercambio *neto* de CO₂ entre la atmósfera y la superficie terrestre. Es así que, en lo que respecta a los cambios de existencias de C del depósito terrestre, las redes de mediciones por torres de remolinos están sujetas a las siguientes salvedades: 1) las torres deben existir a una densidad suficiente que represente los flujos de todo el país; 2) las estimaciones de flujo deben atribuirse a sectores individuales de uso de la tierra y a actividades específicas de uso y gestión de la tierra; y 3) los flujos de CO₂ se deben atribuir, además, a depósitos individuales que incluyan cambios de existencias en los suelos (además de los de biomasa y materia orgánica muerta). Hay comentarios adicionales respecto a mediciones en suelos en la sección anterior sobre métodos del Nivel 2 para suelos minerales (Véase el análisis sobre factores de cambio de existencias).

Es importante destacar que los inventarios basados en mediciones representan métodos de estimación del total de C, y cubren todas las factores que repercuten sobre las existencias de C en el suelo. Puede resultar difícil realizar estimaciones parciales que sólo consideren los efectos del uso y la gestión de la tierra.

Suelos orgánicos

De manera similar a lo que sucede con los suelos minerales, las emisiones de CO₂ atribuidas al uso y la gestión de la tierra en suelos orgánicos pueden estimarse mediante un método basado en modelos o en mediciones. Lo

típico será que se utilicen modelos dinámicos, de base mecanicista para simular los procesos subyacentes, a la vez que se captura la influencia del uso y la gestión de la tierra, en particular el efecto de los niveles variables de drenaje por descomposición. Las mismas consideraciones que se hicieran para suelos minerales son también importantes para los métodos basados en modelos y en mediciones que se aplican a los cambios de las existencias de C en el suelo atribuidos a la gestión de los suelos orgánicos.

C inorgánico del suelo

Se puede desarrollar aun más un método del Nivel 3 para estimar los flujos relacionados con los impactos de la gestión en los depósitos de carbono inorgánico en el suelo. Por ejemplo, la irrigación puede afectar las existencias y los flujos de C inorgánico en el suelo, pero la dirección y la magnitud dependen de la fuente y la naturaleza del agua de irrigación y de la fuente, la cantidad y el destino del C inorgánico disuelto que se descargue. En regiones áridas y semiáridas, las correcciones con yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) pueden llevar a un incremento de las existencias de C orgánico en el suelo, según la cantidad de Ca^{2+} que reemplace al Na^+ en los coloides del suelo, relativo a la reacción con el bicarbonato y a la precipitación de calcita (CaCO_3). Hay otras actividades de uso y gestión del suelo, como la deforestación/aforestación y las prácticas de gestión acidificante del suelo, que también pueden afectar las existencias de C inorgánico del suelo. No obstante, estos cambios pueden provocar ganancias o pérdidas de C en este depósito según las condiciones específicas del lugar y la cantidad atribuible a la actividad puede ser pequeña.

Actualmente, hay pocos modelos para la estimación de los cambios en el carbono orgánico del suelo debidos al uso y la gestión de la tierra, por lo que la aplicación de un método de Nivel 3 puede exigir una cantidad considerable de tiempo y de recursos. En los casos en los que los datos y el conocimiento son suficientes y en los que prevalecen las actividades que producen un cambio significativo en las existencias de C inorgánico del suelo, una *buena práctica* para los países es la realización de un análisis hidrogeoquímico exhaustivo que incluya todas las actividades importantes de uso y gestión de la tierra a fin de estimar su efecto sobre las existencias de C inorgánico en el suelo. Un método de modelización requeriría asilar las actividades de uso y gestión de la tierra de los efectos no antropogénicos. Alternativamente, se puede emplear un método basado en mediciones tomando muestras periódicamente en lugares de referencia de tierras gestionadas para determinar las existencias de C orgánico *in situ* o, quizá, los flujos de CO_2 , en combinación con una red de monitorización para C orgánico del suelo como se analizara antes para los suelos minerales. No obstante, la cantidad y el destino del C inorgánico disuelto exigiría la realización de otras mediciones, modelización o hipótesis simplificadoras, tales como suponer que todas las pérdidas de C inorgánico por lixiviación se emiten como CO_2 a la atmósfera.

2.4 EMISIONES DE NO CO_2

Hay emisiones significativas de gases que no son de efecto invernadero producidas a partir del quemado de biomasa, de la gestión del ganado y su estiércol, o de los suelos. De las emisiones de N_2O de los suelos se ocupa el Capítulo 11, donde se proporciona orientación sobre métodos que pueden aplicarse a nivel nacional (es decir, independientemente de los tipos de uso de la tierra) si un país decide utilizar datos de la actividad a escala nacional. La orientación sobre emisiones de CH_4 y N_2O producidas por el ganado y el estiércol se consideran solamente en el Capítulo 10, ya que estas emisiones no dependen de las características de la tierra. A continuación, se describe un método genérico para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero producidas por el fuego (tanto para gases CO_2 como distintos del CO_2), mientras que se proporcionan mejoras específicas relacionadas con el uso de la tierra en los capítulos referidos a tierras forestales, pastizales y tierras de cultivo. Es una buena práctica verificar la total cobertura de las emisiones de CO_2 y no CO_2 debidas a pérdidas en las existencias y depósitos de carbono, a fin de evitar omisiones o un cómputo doble.

Las emisiones producidas por el fuego no incluyen solamente CO_2 , sino también otros gases de efecto invernadero o precursores de éstos que se originan de la combustión incompleta del combustible. Entre estos se incluyen el monóxido de carbono (CO), el metano (CH_4), los compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM) y especies de nitrógeno (p. ej. N_2O , NO_x) (Levine, 1994). En las *Directrices del IPCC de 1996* y *GPG2000*, las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 producidas por el fuego en sabanas y por el quemado de residuos de cultivos se trataban conjuntamente con las emisiones resultantes de la conversión de tierras forestales y pastizales. La metodología difería un tanto por tipo de vegetación y no se incluían los incendios de tierras forestales. En la *GPG-LULUCF*, se consideraron las emisiones (de CO_2 y no CO_2) producidas por incendios, en particular en el capítulo referido a tierras forestales (pérdidas de carbono resultantes de las perturbaciones). En los capítulos referidos a tierras de cultivo y pastizales, se consideraban solamente las emisiones de gases distintos al CO_2 , bajo la hipótesis de que las emisiones de CO_2 se compensarían con las absorciones de CO_2 producidas por la subsiguiente regeneración de la vegetación dentro del lapso de un año. Esta hipótesis implica el mantenimiento de la fertilidad del suelo —una hipótesis que los países pueden desconocer si cuentan con pruebas de que hay una reducción de la fertilidad debida al fuego. Por lo general, en las tierras forestales hay una falta de sincronía (no equivalencia entre las emisiones y las absorciones de CO_2 en el año de la declaración).

En estas Directrices se proporciona un método más genérico para estimar las emisiones producidas por el fuego. Se considera al fuego una perturbación que afecta no sólo la biomasa (en particular la aérea) sino también la materia orgánica muerta (hojarasca y madera muerta). La expresión “quemado de biomasa” se utiliza ampliamente y se mantiene en estas Directrices, aunque se reconoce que, a menudo, los componentes combustibles que no son parte de la biomasa viva son significativos, especialmente en los sistemas forestales. En cuanto a las Tierras de Cultivo y los Pastizales, que tienen poca vegetación boscosa, suele hacerse referencia al quemado de biomasa, dado que el de la biomasa es el principal depósito afectado por el fuego.

Los países deberán aplicar los siguientes principios para la estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero resultantes de incendios en tierras forestales, tierras de cultivo y pastizales:

- Cobertura de la declaración: deben declararse todas las emisiones (CO_2 y no CO_2) de todo tipo de fuego (fuegos controlados y naturales) en las tierras gestionadas (la excepción es del CO_2 de pastizales, como se analiza más adelante). Cuando hay un cambio en el uso de la tierra, toda emisión de gases de efecto invernadero producida por el fuego debe declararse bajo la nueva categoría de uso de la tierra (categoría de transición). No es necesario declarar las emisiones de los incendios naturales (y las que se escapan de fuegos controlados) que se produzcan en tierras no gestionadas, a menos que esas tierras sufran, a continuación, un cambio de uso (es decir, se conviertan en tierras gestionadas).
- El fuego como herramienta de gestión (quemado controlado): se declaran las emisiones de gases de efecto invernadero de la superficie quemada y, si el fuego afecta las tierras no gestionadas, se debe declarar también las emisiones de gases de efecto invernadero si al fuego le sucede un cambio en el uso de la tierra.
- Equivalencia (sincronía) de emisiones y absorciones de CO_2 : Deben declararse las emisiones netas de CO_2 donde las emisiones y las absorciones de CO_2 del depósito de biomasa no son equivalentes en el año del inventario. En cuanto al quemado de biomasa de pastizales o de residuos agrícolas, generalmente es razonable suponer que hay equivalencia. Sin embargo, también se puede quemar vegetación boscosa en estas categorías de tierras y las emisiones de gases de efecto invernadero de esas fuentes deben declararse aplicando un método de nivel superior. Más aun: en muchas partes del mundo, el pastoreo es el uso de la tierra predominante en las tierras forestales que se queman con regularidad (p. ej. tierras boscosas y sabanas de pastoreo) y se debe tener cuidado antes de suponer que hay sincronía en tales sistemas. En las tierras forestales, es poco factible que haya sincronía si se mata una cantidad significativa de biomasa boscosa (es decir, cuando las pérdidas representan varios años de crecimiento y de acumulación de C) y debe declararse las emisiones netas. Como ejemplos, se incluyen: el desmonte de bosques nativos y la conversión a la agricultura y/o a plantaciones e incendios naturales de tierras forestales.
- Combustibles disponibles para la combustión: se deben tener presentes los factores que reducen la cantidad de combustibles disponibles para la combustión (p. ej. por pastoreo, descomposición, absorción de biocombustibles, alimento del ganado, etc.). Se debe adoptar un enfoque de equilibrio de masa para contabilizar los residuos, a fin de evitar subestimarlos o realizar un cómputo doble (véase la Sección 2.3.2).
- Declaración anual: a pesar de la gran variabilidad espacial y temporal inherente al fuego (y particularmente la de los incendios naturales), los países deben estimar y declarar las emisiones de gases de efecto invernadero por fuego con periodicidad anual.

En estas Directrices se proporciona un enfoque exhaustivo para estimar los cambios en las existencias de carbono y las emisiones de no CO_2 provocados por el fuego en tierras forestales (incluso los provocados por conversión de bosques), así como de las emisiones de no CO_2 en tierras de cultivo y pastizales. Se consideran las emisiones de CO_2 para los siguientes cinco tipos de quemado: (1) quemado de pastizales (que incluye el quemado de arbustos leñosos perennes y sabana); (2) quemado de residuos agrícolas; (3) quemado de hojarasca, sotobosque y residuos de cosechas en tierras forestales; (4) quemado posterior al desmonte forestal y la conversión a la agricultura; y (5) otros tipos de quemado (incluso los provocados por incendios naturales). Las emisiones directas de CO_2 también se consideran para los ítems (3), (4) y (5). Dado que la estimación de las emisiones en estas distintas categorías tiene muchos elementos en común, en esta sección se presenta un método genérico para estimar las emisiones de CO_2 y no CO_2 provocadas por el fuego, a fin de evitar su repetición en secciones específicas de uso de la tierra de estas Directrices que se ocupan de las emisiones provocadas por el fuego.

El quemado controlado de sabanas se incluye en la sección de quemado de biomasa en pastizales (Capítulo 6, Pastizales, Sección 6.3.4). Es importante evitar el cómputo doble cuando se estiman las emisiones de gases de efecto invernadero de sabanas cuya vegetación tenga una fisonomía característica de las tierras forestales. Un ejemplo de esto es la formación llamada *cerradão* (bosque denso) de Brasil que, aunque se trate de un tipo de sabana, se incluye bajo tierras forestales debido a sus características biofísicas.

Además las emisiones de gases de efecto invernadero resultantes de la combustión, los incendios pueden llevar a la creación de una existencia de carbono inerte (carbón vegetal). Los residuos producidos por el fuego incluyen

componentes no quemados y parcialmente quemados, así como una pequeña cantidad de carbón vegetal que, debido a su naturaleza química, es muy resistente a la descomposición. Actualmente, el conocimiento es muy limitado en cuanto a las tasas de formación de carbón vegetal bajo condiciones contrastantes de quemado y a las subsiguientes tasas de renovación (Forbes *et al.*, 2006; Preston y Schmidt, 2006) como para permitir el desarrollo de una metodología fiable a los efectos del inventario y, por ende, no se la incluye en estas Directrices. En el Apéndice 1 se incluye una base técnica para un ulterior desarrollo metodológico.

Por otra parte, aunque las emisiones de CO₂ se producen también como consecuencia del fuego, no se las considera en estas Directrices dada la escasez de datos y la magnitud de las incertidumbres respecto a muchos de los parámetros clave necesarios para la estimación, lo que impide el desarrollo de estimaciones de emisión confiables.

DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

Cada una de las secciones pertinentes de estas Directrices incluye un método de tres niveles para calcular las emisiones de gases de efecto invernadero CO₂ (donde corresponde) y no CO₂ producidas por el fuego. La elección del Nivel se puede realizar siguiendo los pasos del árbol de decisiones que se presenta en la Figura 2.6. Bajo el método de Nivel 1, se puede aplicar la fórmula presentada en la Ecuación 2.27 para estimar las emisiones de CO₂ y de no CO₂ producidas por el fuego, empleando los datos por defecto que se proporcionan en este capítulo y en las secciones referidas a cada uso de la tierra de estas Directrices. Los niveles superiores implican una aplicación más refinada de la Ecuación 2.27.

Dado que la metodología del Nivel 1 adopta un método simplificado para estimar el depósito de materia orgánica muerta (véase la Sección 2.3.2), es necesario utilizar ciertas hipótesis cuando se estiman las emisiones netas de gases de efecto invernadero producidas por el fuego en esos sistemas (p. ej. tierras forestales y tierras forestales convertidas a otros usos de la tierra), en los casos en que la materia orgánica muerta puede constituir un componente importante del combustible quemado. Se supone que las emisiones de CO₂ de la materia orgánica muerta equivalen a cero en los bosques que se queman, pero que no mueren a causa del fuego. Si el fuego tiene suficiente intensidad para matar a una parte de la arboleda del bosque, bajo la metodología de Nivel 1, se supone que el C contenido en la biomasa muerta se libera de inmediato a la atmósfera. Esta simplificación del Nivel 1 puede provocar una sobreestimación de las verdaderas emisiones del año del incendio, si la cantidad de carbono de la biomasa destruida por el fuego es mayor que la cantidad de carbono de la madera muerta y hojarasca consumidas por el fuego.

Las emisiones de gases de efecto invernadero de no CO₂ se estiman para todas las situaciones de fuego. Bajo el Nivel 1, las emisiones de no CO₂ se estiman mejor empleando el consumo real de combustible que se indica en el Cuadro 2.4 y los factores de emisión adecuados (Cuadro 2.5) (es decir, sin incluir la biomasa recién destruida como componente del combustible consumido). Evidentemente, si el fuego de los bosques contribuye de forma significativa a las emisiones de gases de efecto invernadero, se alienta a los países para que desarrollen una metodología más completa (niveles superiores) que incluya la dinámica de la materia orgánica muerta y mejore las estimaciones de las emisiones directas y posteriores al incendio.

En cuanto a las tierras forestales convertidas a otros usos de la tierra, la materia orgánica quemada se deriva tanto de la vegetación recién talada como de la materia orgánica muerta ya existente, y se debe declarar las emisiones de CO₂. En esta situación, las estimaciones del total de combustible consumido (Cuadro 2.4) se pueden utilizar para estimar las emisiones de CO₂ y no gases de efecto invernadero empleando la Ecuación 2.27. No obstante, se debe tener cuidado de garantizar que las pérdidas de carbono de la materia orgánica muerta durante la conversión del uso de la tierra no se computen doblemente en las Ecuaciones 2.27 (como pérdidas del quemado) y 2.23 (como pérdidas por descomposición).

En la Ecuación 2.27 se resume una metodología genérica para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero individuales para cualquiera de los tipos de fuego.

ECUACIÓN 2.27 ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO A CAUSA DEL FUEGO

$$L_{\text{fuego}} = A \cdot M_B \cdot C_f \cdot G_{ef} \cdot 10^{-3}$$

Donde:

L_{fuego} = cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero provocada por el fuego, ton de cada gas de efecto invernadero (GEI) (p. ej., CH₄, N₂O, etc.

A = superficie quemada, ha

M_B = masa de combustible disponible para la combustión, ton ha⁻¹. Incluye biomasa, hojarasca molida y madera muerta. Cuando se aplican métodos de Nivel 1, entonces se supone que los depósitos de

hojarasca y de madera muerta equivalen a cero, a excepción de los casos en los que hay un cambio en el uso de la tierra (véase la Sección 2.3.2.2).

C_f = factor de combustión, sin dimensión (valores por defecto del Cuadro 2.6)

G_{ef} = Factor de emisión, $g\ kg^{-1}$ de materia seca quemada (valores por defecto del Cuadro 2.5).

Nota: Cuando no se dispone de datos para M_B y C_f , se puede utilizar un valor por defecto para la cantidad de combustible realmente quemado (el producto de M_B por C_f) (Cuadro 2.4), según la metodología de Nivel 1.

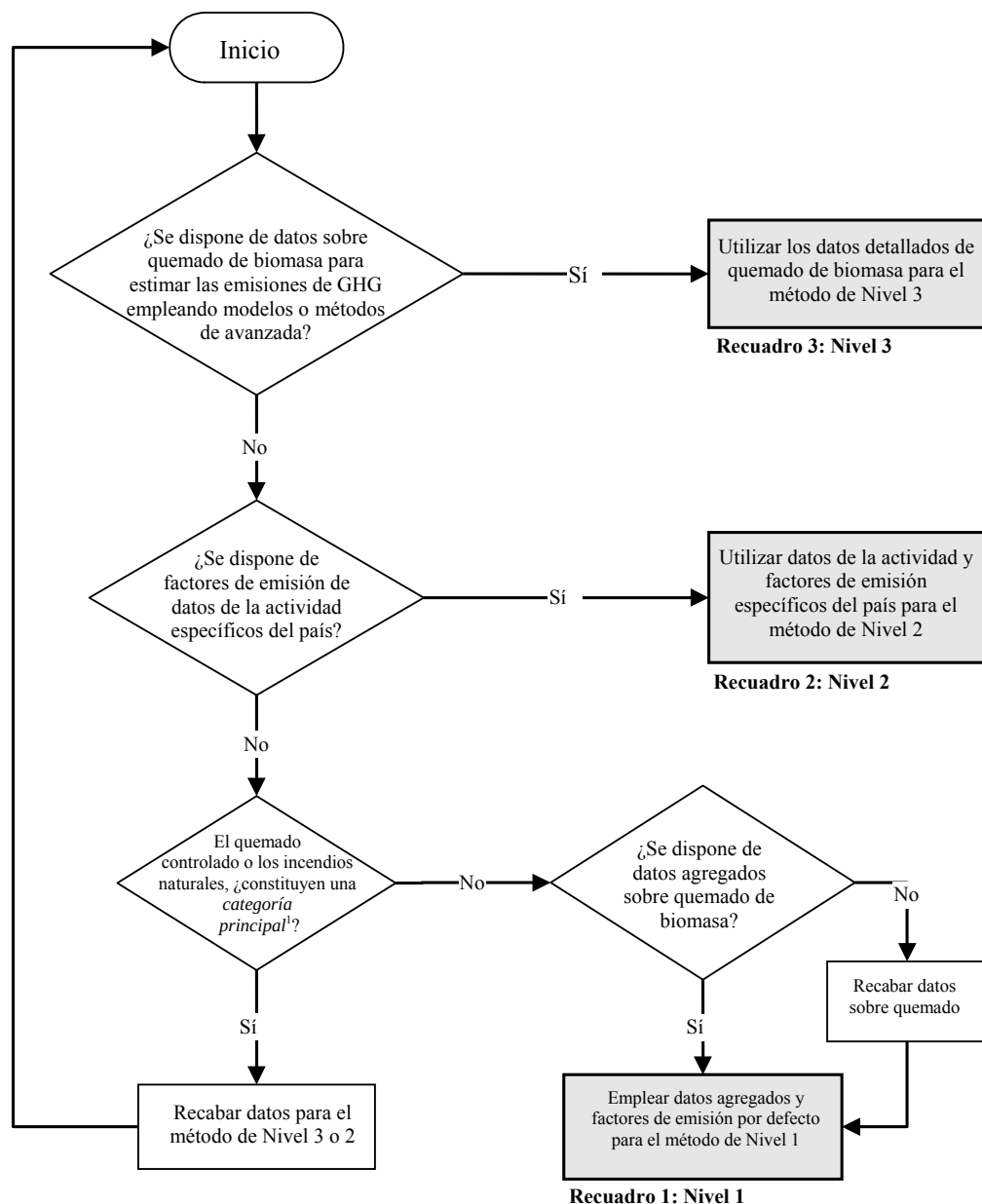
En cuanto a las emisiones de CO_2 , la Ecuación 2.27 se relaciona con la 2.14, en la que se estima la cantidad anual de pérdida de biomasa viva por todo tipo de perturbaciones.

La cantidad de combustible que se puede quemar está dada por la superficie quemada y la densidad de combustible presente en esa superficie. La densidad de combustible puede incluir biomasa, madera muerta y hojarasca, las que varían en función del tipo, la edad y las condiciones de la vegetación. El tipo de fuego también afecta la cantidad de combustible disponible para la combustión. Por ejemplo, el combustible disponible para incendios de suelo de baja intensidad en bosques va a estar mayormente restringido a hojarasca y materia orgánica muerta que haya sobre la superficie, mientras que los incendios «de copa» de mayor intensidad pueden consumir también sustanciales cantidades de biomasa arbórea.

El factor de combustión es una medida de la proporción del combustible que realmente se quema, que varía en función del tamaño y la arquitectura de la carga de combustible (es decir, se va a quemar una proporción más pequeña del combustible grande y grueso, como los tallos de los árboles, en comparación con los combustibles finos, como las briznas de hierba), el contenido de humedad del combustible y el tipo de incendio (es decir, la intensidad y la velocidad de propagación que se ven muy afectadas por la variabilidad climática y por diferencias regionales, como se refleja en el Cuadro 2.6). Por último, el factor de emisión nos da la cantidad de un gas de efecto invernadero en particular emitida por unidad de materia seca quemada, la que puede variar en función del contenido de carbono de la biomasa y de la exhaustividad de la combustión. En las especies con altas concentraciones de N, las emisiones de NO_x y N_2O resultantes de incendios pueden variar en función del contenido de N del combustible. Andreae y Merlet (2001) realizaron una revisión exhaustiva de los factores de emisión, la que se resume en el Cuadro 2.5.

En los métodos de Nivel 2 se emplea el mismo enfoque general que en el Nivel 1, aunque se hace uso de factores de emisión más refinados derivados por los países y/o de estimaciones de densidades de combustible y de factores de combustión más refinados que los provistos en los cuadros por defecto. Los métodos de Nivel 3 son más exhaustivos e incluyen consideraciones acerca de la dinámica de los combustibles (biomasa y materia orgánica muerta).

Figura 2.6 **Árbol de decisiones genérico para la identificación del nivel apropiado para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero provocadas por incendios en una categoría de uso de la tierra.**



Nota:

1: Véase el Volumen 1, Capítulo 4, «Opción metodológica e identificación de categorías principales» (principalmente la sección 4.1.2 relativa a los recursos limitados) para el análisis de las *categorías principales* y el uso de los árboles de decisión.

CUADRO 2.4 VALORES DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE (MATERIA ORGÁNICA MUERTA MÁS BIOMASA VIVA) (TON MATERIA SECA-¹⁾ PROVOCADO POR INCENDIOS EN DISTINTOS TIPOS DE VEGETACIÓN (Debe utilizarse en la Ecuación 2.27 para estimar el producto de las cantidades ' $M_B \cdot C_f$ ', es decir, una cantidad absoluta)				
Tipo de vegetación	Subcategoría	Media	ES	Referencias
Bosque tropical primario (cortado y quemado)	Bosque tropical primario	83,9	25,8	7, 15, 66, 3, 16, 17, 45
	Bosque tropical primario abierto	163,6	52,1	21,
	Bosque tropical primario húmedo	160,4	11,8	37, 73
	Bosque tropical primario seco	-	-	66
Todos los bosques tropicales primarios		119,6	50,7	
Bosque tropical secundario (cortado y quemado)	Bosque tropical secundario joven (3-5 años)	8,1	-	61
	Bosque tropical secundario intermedio (5-10 años)	41,1	27,4	61, 35
	Bosque tropical secundario avanzado (14-17)	46,4	8,0	61, 73
Todos los bosques tropicales secundarios		42,2	23,6	66, 30
Todos los bosques tropicales terciarios		54,1	-	66, 30
Bosques boreales	Incendios naturales (general)	52,8	48,4	2, 33, 66
	Incendios de copas	25,1	7,9	11, 43, 66, 41, 63, 64
	Incendios de superficie	21,6	25,1	43, 69, 66, 63, 64, 1
	Quemado de rollizos post-corte	69,6	44,8	49, 40, 66, 18
	Fuegos para desmante	87,5	35,0	10, 67
Todos los bosques boreales		41,0	36,5	43, 45, 69, 47
Bosques de eucaliptos	Incendios naturales	53,0	53,6	66, 32, 9
	Incendios controlados - (superficie)	16,0	13,7	66, 72, 54, 60, 9
	Quema de rollizos post-corte	168,4	168,8	25, 58, 46
	Tala retiro de madera y quema (fuego para desmante)	132,6	-	62, 9
Todos los montes de eucaliptos		69,4	100,8	
Otros bosques de zonas templadas	Incendios naturales	19,8	6,3	32, 66
	Quema de rollizos post-corte	77,5	65,0	55, 19, 14, 27, 66
	Tala y quema (fuego para desmante)Tala retiro de madera y quema (fuego)	48,4	62,7	53, 24, 71
Todos los demás bosques de zonas templadas		50,4	53,7	43, 56

CUADRO 2.4 (CONTINUACIÓN) VALORES DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE (MATERIA ORGÁNICA MUERTA MÁS BIOMASA VIVA) (TON MATERIA SECA-¹) PROVOCADO POR INCENDIOS EN DISTINTOS TIPOS DE VEGETACIÓN (Debe utilizarse en la Ecuación 2.27 para estimar el producto de las cantidades ' $M_B \cdot C_F$ ', es decir, una cantidad absoluta)				
Tipo de vegetación	Subcategoría	Media	ES	Referencias
Arbustales	Arbustos (general)	26,7	4,2	43
	Brezales de <i>calluna</i>	11,5	4,3	26, 39
	Artemisa	5,7	3,8	66
	Fynbos	12,9	0,1	70, 66
Todos los arbustales		14,3	9,0	
Bosques de la sabana (quemadas tempranas de la estación seca)*	Bosques de la sabana	2,5	-	28
	Parques de la sabana	2,7	-	57
Todos los bosques de la sabana (quema temprana de la		2,6	0,1	
Bosques de la sabana (quemadas medias/tardías de la estación seca)*	Bosques de la sabana	3,3	-	57
	Parques de la sabana	4,0	1,1	57, 6, 51
	Sabana tropical	6	1,8	52, 73
	Otros bosques de la sabana	5,3	1,7	59, 57, 31
Todos los bosques de la sabana (quemadas medias/tardías		4,6	1,5	
Pastizales de la sabana (quemadas tempranas de la estación seca)*	Pastizales tropicales y subtropicales	2,1	-	28
	Pastizales	-	-	48
Todos los pastizales de la sabana (quemadas tempranas de la estación seca)*		2,1	-	
Pastizales de la sabana (quemadas medias/tardías de la estación seca)*	Pastizales tropicales y subtropicales	5,2	1,7	9, 73, 12, 57
	Pastizales	4,1	3,1	43, 9
	Pasturas tropicales	23,7	11,8	4, 23, 38, 66
	Sabana	7,0	2,7	42, 50, 6, 45, 13, 65
Todos los bosques de la sabana (quemadas medias/tardías de la estación seca)*		10,0	10,1	
Otros tipos de vegetación	Turba	41	1,4	68, 33
	Tundra	10	-	33
Residuos agrícolas (quema de campo post-cosecha)	Residuos de trigo	4,0		véase Nota b
	Residuos de maíz	10,0		véase Nota b
	Residuos de arroz	5,5		véase Nota b
	Caña de azúcar ^a	6,5		véase Nota b
* Sólo combustión de la capa superficial ~ Derivado de bosques tropicales desbrozados (incluye el material maderero no quemado) ^a En cuanto a la caña de azúcar, los datos se refieren al quemado previo a la cosecha del cultivo. ^b Evaluación de expertos a cargo de los autores.				

CUADRO 2.5 FACTORES DE EMISIÓN (g kg⁻¹ DE MATERIA SECA QUEMADA) PARA DISTINTOS TIPOS DE QUEMADO. LOS VALORES SON MEDIAS ± SD Y SE BASAN EN UNA REVISIÓN EXHAUSTIVA DE ANDREAE Y MERLET (2001) (Debe utilizarse como la cantidad «G _{ef} » de la Ecuación 2.27)					
Categoría	CO₂	CO	CH₄	N₂O	NO_x
Sabana y pastizales	1613 ± 95	65 ± 20	2,3 ± 0,9	0,21 ± 0,10	3,9 ± 2,4
Residuos agrícolas	1515 ± 177	92 ± 84	2,7	0,07	2,5 ± 1,0
Bosque tropical	1580 ± 90	104 ± 20	6,8 ± 2,0	0,20	1,6 ± 0,7
Bosque tropical extra	1569 ± 131	107 ± 37	4,7 ± 1,9	0,26 ± 0,07	3,0 ± 1,4
Quemado de biocombustible	1550 ± 95	78 ± 31	6,1 ± 2,2	0,06	1,1 ± 0,6
Nota: La categoría «bosques tropicales extra» incluye todos los demás tipos de bosques. Nota: Respecto a la combustión de biomasa no boscosa en pastizales y tierras de cultivo, no es necesario estimar ni declarar las emisiones de CO ₂ porque se supone que las absorciones anuales de CO ₂ (a través del crecimiento) y las emisiones anuales de CO ₂ (ya sea por descomposición o fuego) por parte de la biomasa están en equilibrio (véase lo analizado precedentemente sobre sincronía en la Sección 2.4).					

CUADRO 2.6 VALORES DE LOS FACTORES DE COMBUSTIÓN (PROPORCIÓN DE LA BIOMASA COMBUSTIBLE PREVIA AL INCENDIO CONSUMIDA) PARA INCENDIOS EN DIFERENTES TIPOS DE VEGETACIÓN (Los valores de la columna «media» deben utilizarse para la cantidad C_f en la Ecuación 2.27)				
Tipo de vegetación	Subcategoría	Media	SD	Referencias
Bosque tropical primario (cortado y quemado)	Bosque tropical primario	0,32	0,12	7, 8, 15, 56, 66, 3, 16, 53, 17, 45,
	Bosque tropical primario abierto	0,45	0,09	21
	Bosque tropical primario húmedo	0,50	0,03	37, 73
	Bosque tropical primario seco	-	-	66
Todos los bosques tropicales primarios		0,36	0,13	
Bosque tropical secundario (cortado y quemado)	Bosque tropical secundario joven (3-5 años)	0,46	-	61
	Bosque tropical secundario intermedio (5-10 años)	0,67	0,21	61, 35
	Bosque tropical secundario avanzado (14-17 años)Bosque tropical secundario intermedio	0,50	0,10	61, 73
Todos los bosques tropicales secundarios		0,55	0,06	56, 66, 34, 30
Todos los bosques tropicales terciarios		0,59	-	66, 30
Bosques boreales	Incendios naturales (general)	0,40	0,06	33
	Incendios de copas	0,43	0,21	66, 41, 64, 63
	Incendios de superficie	0,15	0,08	64, 63
	Quema de rollizos post-corte	0,33	0,13	49, 40, 18
	Fuegos para desmonte	0,59	-	67
Todos los bosques boreales		0,34	0,17	45, 47
Bosques de eucaliptos	Incendios naturales	-	-	
	Incendios controlados - (superficie)	0,61	0,11	72, 54, 60, 9
	Quema de rollizos post-corte	0,68	0,14	25, 58, 46
	Tala y quema (fuego para desmonte)Tala retiro de madera y quema (fuego para desmonte)	0,49	-	62
Todos los bosques de eucaliptos		0,63	0,13	
Otros bosques de zonas templadas	Quema de rollizos post-corte	0,62	0,12	55, 19, 27, 14
	Tala y quema (fuego para desmonte)Tala retiro de madera y quema (fuego para desmonte)	0,51	-	53, 24, 71
Todos los demás bosques de zonas templadas		0,45	0,16	53, 56

CUADRO 2.6 (CONTINUACIÓN) VALORES DE LOS FACTORES DE COMBUSTIÓN (PROPORCIÓN DE LA BIOMASA COMBUSTIBLE PREVIA AL INCENDIO CONSUMIDA) PARA INCENDIOS EN DIFERENTES TIPOS DE VEGETACIÓN (Los valores de la columna «media» deben utilizarse para la cantidad C_f de la Ecuación 2.27)				
Tipo de vegetación	Subcategoría	Media	SD	Referencias
Arbustales	Arbustos (general)	0,95	-	44
	Brezales de <i>calluna</i>	0,71	0,30	26, 56, 39
	Fynbos	0,61	0,16	70, 44
Todos los arbustales		0,72	0,25	
Bosques de la sabana (quemadas tempranas de la estación seca)*	Bosques de la sabana	0,22	-	28
	Parques de la sabana	0,73	-	57
	Otros bosques de la sabana	0,37	0,19	22, 29
Todos los bosques de la sabana (quema temprana de la estación seca)*		0,40	0,22	
Bosques de la sabana (quemadas medias/tardías de la estación seca)*	Bosques de la sabana	0,72	-	66, 57
	Parques de la sabana	0,82	0,07	57, 6, 51
	Sabana tropical	0,73	0,04	52, 73, 66, 12
	Otros bosques de la sabana	0,68	0,19	22, 29, 44, 31, 57
Todos los bosques de la sabana (quemadas medias/tardías de la estación seca)*		0,74	0,14	
Pastizales de la sabana (quemadas tempranas de la estación seca)*	Pastizales tropicales y subtropicales	0,74	-	28
	Pastizales	-	-	48
Todos los pastizales de la sabana (quemadas tempranas de la estación seca)*		0,74	-	
Pastizales de la sabana (quemadas medias/tardías de la estación seca)*	Pastizales tropicales y subtropicales	0,92	0,11	44, 73, 66, 12, 57
	Pasturas tropicales	0,35	0,21	4, 23, 38, 66
	Sabana	0,86	0,12	53, 5, 56, 42, 50, 6, 45, 13, 44, 65, 66
Todos los bosques de la sabana (quemadas medias/tardías de la estación seca)*		0,77	0,26	
Otros tipos de vegetación	Turba	0,50	-	20, 44
	Humedales tropicales	0,70	-	44
Residuos agrícolas (quema de campo post-cosecha)	Residuos de trigo	0,90	-	véase Nota b
	Residuos de maíz	0,80	-	véase Nota b
	Residuos de arroz	0,80	-	véase Nota b
	Caña de azúcar ^a	0,80	-	véase Nota b
* Sólo combustión de la capa superficial ~ Derivado de bosques tropicales desbrozados (incluye el material maderero no quemado) ^a En cuanto a la caña de azúcar, los datos se refieren al quemado previo a la cosecha del cultivo. ^b Evaluación de expertos a cargo de los autores.				

2.5 ORIENTACIÓN GENÉRICA ADICIONAL PARA LOS MÉTODOS DE NIVEL 3

Las directrices de este volumen están enfocadas principalmente a los métodos de Nivel 1, así como a brindar una orientación general como asistencia para el desarrollo de un inventario de Nivel 2. Se le ha prestado menor atención a los métodos de Nivel 3, aunque se proporcionó algo de orientación general en esta sección. Los inventarios de Nivel 3 son sistemas de avanzada en los que se emplean mediciones y/o modelización con el propósito de mejorar la estimación de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero (GEI), más allá de lo que es posible lograr con los métodos de Niveles 1 y 2. En esta sección, se elaboran directrices que proporcionan una base científica sólida para el desarrollo de inventarios de Nivel 3. *Estas directrices no limitan la selección de esquemas de muestreo o métodos de modelización de Nivel 3* sino que ofrecen una orientación general para ayudar a quien desarrolla el inventario en su tarea de aplicarlo. Más adelante en este volumen, pueden incluirse aspectos específicos que tienen que ver con los métodos de Nivel 3 para las categorías específicas de fuente individuales, los que servirán de complemento a la orientación general que se brinda en esta sección.

2.5.1 Inventarios de Nivel 3 basados en mediciones

Los inventarios se pueden basar en mediciones directas de cambios en las existencias de C a partir de las cuales se estiman las emisiones y absorciones de carbono. Es posible medir algunas de las emisiones de gases de efecto invernadero no CO₂; no obstante, debido a la gran variabilidad espacial y temporal de las emisiones de no CO₂, es factible que en los métodos de Nivel 3 se combinen modelos de proceso con mediciones, para poder estimar las emisiones de CO₂. A partir de inventarios basados exclusivamente en mediciones, p. ej. basados en mediciones repetidas empleando un inventario nacional de forestación, se pueden derivar estimaciones de cambios en las existencias de carbono sin confiar en modelos de proceso, pero indefectiblemente requieren modelos estadísticos apropiados para escalar en espacio y tiempo las mediciones de las parcelas a un inventario nacional. Los enfoques basados en modelos dinámicos (p. ej. modelos basados en procesos) para estimar las emisiones nacionales se analizan en la Sección 2.5.2. En general, la puesta en práctica de un inventario de Nivel 3 basado en mediciones implica seis etapas.

Etapas 1. Desarrollo de un esquema de muestreo. Se pueden desarrollar esquemas de muestreo empleando toda una diversidad de enfoques, pero lo típico es que incluyan un cierto grado de aleatoriedad en los sitios de muestreo dentro de los estratos. (Incluso en los inventarios basados en una grilla regular es típico que el punto de inicio de la grilla se seleccione al azar). Los compiladores del inventario determinan cuál es el enfoque apropiado considerando el tamaño de su país, las principales variables ambientales (p. ej. el clima) y los sistemas de gestión de la región. Estos dos últimos pueden servir como variables de estratificación, suponiendo que el esquema de muestreo no es totalmente aleatorio. Además, constituye una *buena práctica* para el muestreo prever una amplia cobertura espacial de emisiones y/o absorciones para una categoría fuente principal en particular.

El compilador debe establecer un lapso apropiado dentro del cual se volverá a muestrear los sitios, si es que se usa el diseño de mediciones repetidas. La oportunidad en que se realice la re-medición depende de la velocidad en los cambios de inventario o de las emisiones de gases de efecto invernadero no CO₂. Por ejemplo, los períodos de re-medición en las regiones boreales y templadas, donde los árboles crecen lentamente y los depósitos de DOM cambian poco por año, pueden ser más largos que donde la dinámica del carbono sea más acelerada. Donde los flujos se midan directamente, la mayor variabilidad temporal y espacial va a requerir muestreos más frecuentes o intensivos para capturar los flujos que, de otra manera, podrían estar ausentes de los registros de mediciones.

Hay enfoques que no incluyen el re-muestreo de los mismos sitios. Tales diseños son aceptables, pero pueden limitar la capacidad estadística del análisis y, por consiguiente, traer aparejada una mayor incertidumbre. Es factible que un diseño con mediciones repetidas proporcione una mejor base para estimar los cambios en las existencias de carbono o las emisiones en la mayoría de los países.

Una *buena práctica* es desarrollar un manual de la metodología, que explique el esquema de muestreo como parte de la Etapa 1. Puede resultar de utilidad para quienes se ocupen de las mediciones, de los análisis de laboratorio y de otros aspectos del proceso, a la vez que sirva, posiblemente, para aportar material de apoyo a los efectos de la documentación.

Etapas 2. Selección de los sitios de muestreo. Se ubicarán sitios de muestreo específicos sobre la base del diseño de muestreo. Constituye una *buena práctica* tener sitios alternativos de muestreo en caso de que no resulte

posible muestrear en algunas de las ubicaciones originales. En el diseño de mediciones repetidas, los sitios conformarán una red de monitorización que volverá a muestrearse periódicamente.

Es factible que la determinación de las ubicaciones de muestreo implique el uso de un sistema de información geográfica. Una base de datos geográfica puede incluir una gran diversidad de datos ambientales y de gestión, tales como clima, suelos, uso de la tierra y operaciones agropecuarias, según la categoría de fuente y la estratificación. Si no se dispone de datos importantes a escala nacional, quien desarrolle el inventario debe volver a evaluar el diseño y la estratificación (si se la usó) de la Etapa 1 y, posiblemente, modificar el diseño de muestreo.

El muestreo puede requerir coordinación entre distintos ministerios nacionales, gobiernos provinciales o estatales, compañías y terratenientes. Es posible crear relaciones entre estas partes interesadas antes de proceder a recolectar las muestras iniciales. Informar a las partes interesadas respecto a la monitorización en curso también puede servir de ayuda y permitir un mayor éxito en la aplicación de los programas de monitorización.

Etapas 3. Recolección de las muestras iniciales. Una vez determinado el conjunto final de sitios, un equipo de muestreo puede visitar esos lugares, establecer parcelas y tomar las muestras iniciales. Las muestras iniciales van a suministrar las existencias iniciales de carbono o van a servir como primera medición de las emisiones. Es una *buena práctica* establecer protocolos de medición de campo y de laboratorio antes de que se recolecten las muestras. Además, puede servir de ayuda tomar las coordenadas geográficas de las ubicaciones de las parcelas o de los puntos de muestreo con un sistema de posicionamiento global y, si se planifica repetir las mediciones, marcar permanentemente la ubicación para que el sitio se pueda encontrar fácilmente y se puedan volver a tomar las muestras en el futuro.

Constituye una *buena práctica* tomar las medidas pertinentes y notas sobre las condiciones ambientales y la gestión del sitio. Esto va a confirmar que las condiciones fueron coherentes con el diseño del esquema de muestreo, a la vez que se pueda usar para el análisis de datos (Etapa 5). Si se aplica un método de muestreo estratificado, y se hace evidente que muchos o la mayoría de los sitios no son coherentes con las condiciones ambientales y los sistemas de gestión que se esperaba, es una *buena práctica* repetir la Etapa 1, reevaluando y, posiblemente, modificando el esquema de muestreo sobre la base de la nueva información.

Etapas 4. Remuestreo periódico de la red de monitorización. Parta los diseños de mediciones repetidas, los sitios de muestreo se volverán a muestrear periódicamente a fin de evaluar las tendencias de las existencias de carbono y de las emisiones de no CO₂ durante un período de inventario. El tiempo que deberá transcurrir entre una y otra medición depende de la velocidad con la que se produzcan los cambios en las existencias, de la variabilidad de las emisiones, de los recursos de que se disponga para el programa de monitorización, y del diseño del esquema de muestreo.

Si se ha previsto un muestreo destructivo, como los que implican sacar muestras de suelo o de biomasa, es una *buena práctica* volver a muestrear el mismo sitio pero no exactamente en el mismo lugar en el que se extrajo la muestra anteriormente. Es factible que el muestreo destructivo en la ubicación exacta introduzca sesgo en las mediciones. Esos sesgos podrían comprometer la monitorización y producir resultados que no sean representativos de las tendencias nacionales.

Etapas 5. Análisis de los datos y determinación de los cambios en las existencias de carbono y en las emisiones de no CO₂ y deducción de las estimaciones de emisión y absorción nacionales y de la magnitud de la incertidumbre. Constituye una *buena práctica* seleccionar un método estadístico apropiado para el análisis de los datos sobre la base del diseño de muestreo. El resultado general del análisis estadístico estará constituido por estimaciones de los cambios en las existencias de carbono o por mediciones de emisiones de las cuales se pueden derivar las estimaciones de emisiones y absorciones a nivel nacional. También es una *buena práctica* incluir estimaciones de incertidumbre, lo que incluirá errores en las mediciones durante la recolección de muestras y el procesamiento en laboratorio (es decir, esto último se puede manejar empleando normas y a través de verificaciones cruzadas con laboratorios independientes), variaciones de muestreo relacionadas con el diseño de monitorización y otras fuentes pertinentes de incertidumbre (véanse, más adelante en este volumen, los análisis para cada categoría de fuente, además de lo referido a incertidumbre en el Volumen 1). El análisis puede incluir el escalamiento de las mediciones a un dominio espacial o temporal de mayor magnitud, lo que, nuevamente, depende del diseño del esquema de muestreo. El escalamiento puede oscilar entre un simple promedio o promedio ponderado y técnicas más detalladas de interpolación/extrapolación.

Para obtener estimaciones nacionales de cambios de existencias o de emisión de gases de efecto invernadero no CO₂, a menudo resulta necesario extrapolar las mediciones utilizando modelos que tienen en cuenta las condiciones ambientales, la gestión y otros datos de la actividad. Aunque (por lo menos en teoría) los cambios netos de los gases de efecto invernadero con base de carbono se pueden estimar utilizando exclusivamente mediciones de existencias de carbono, a menudo se emplean modelos estadísticos y de otra naturaleza como ayuda para escalar las medidas de las parcelas a estimaciones nacionales. Es poco factible que las estimaciones

nacionales de emisiones de gases de efecto invernadero no CO₂ se deriven sólo a partir de las mediciones, dados los gastos y las dificultades que implica obtenerlas. Por ejemplo, las emisiones de N₂O provocadas por incendios forestales no pueden medirse empíricamente, aunque es típico que se las infiera a partir de muestras, de datos de la actividad en la superficie quemada y de estimaciones de consumo de combustible. Por contraste, las emisiones de N₂O del suelo pueden estimarse fácilmente empleando cámaras, aunque sería muy oneroso establecer una red con la intensidad de muestreo necesaria para proporcionar estimaciones de emisión a nivel nacional, basadas exclusivamente en mediciones sin utilizar modelos para la extrapolación.

Una *buena práctica* es analizar las emisiones con relación a las condiciones ambientales además del aporte de las distintas prácticas de gestión a esas tendencias. La interpretación de las pautas va a resultar de utilidad para evaluar las posibilidades para mitigación futura.

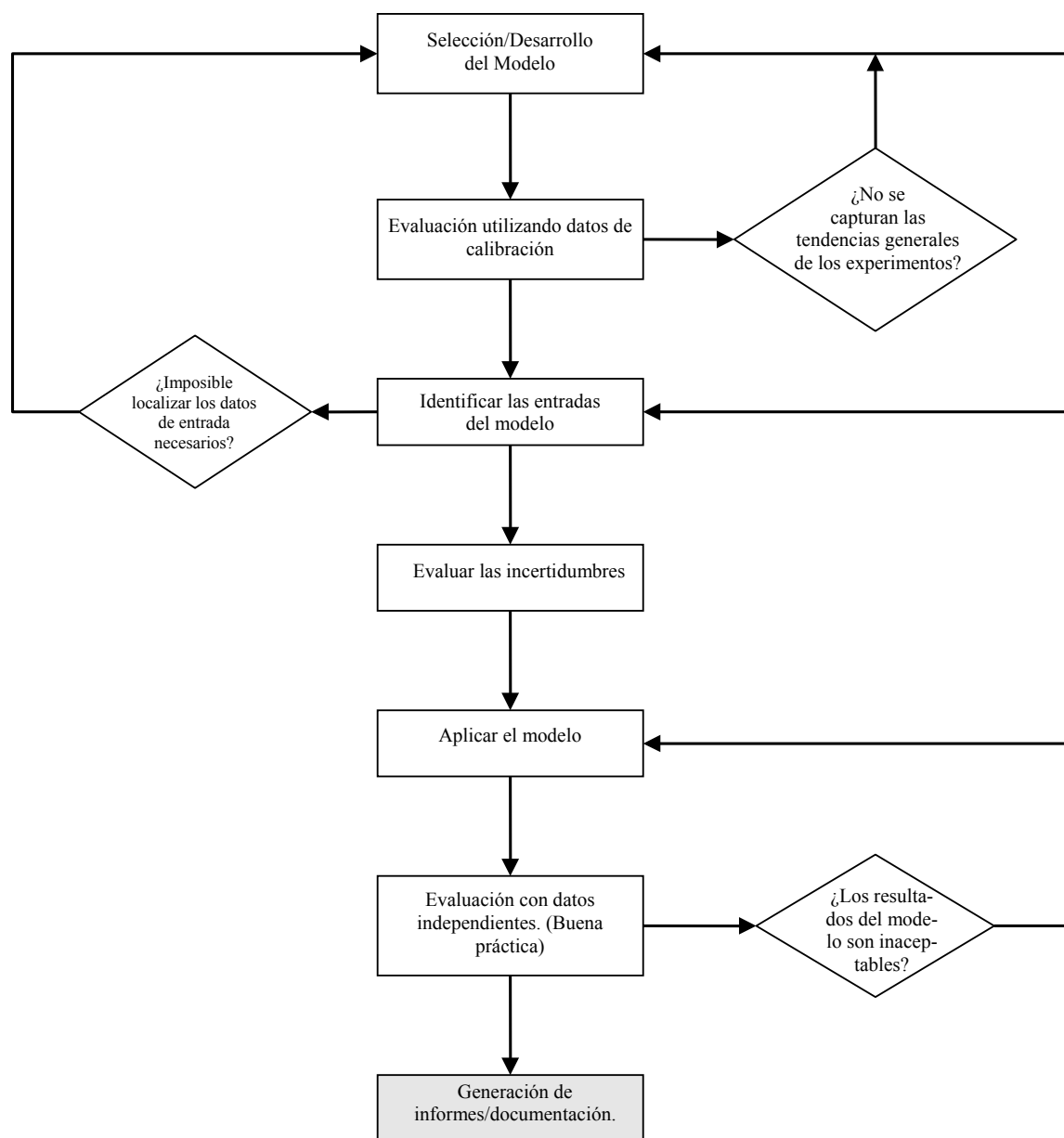
Etapla 6. Generación de informes y documentación Constituye una *buena práctica* recopilar los resultados de los inventarios de manera sistemática y transparente a los efectos de la declaración. La documentación puede incluir una descripción del esquema de muestreo y de los métodos estadísticos, el cronograma de muestreo (incluido el remuestreo), estimaciones de cambios en las existencias y las emisiones, y la interpretación de las tendencias de emisión (p. ej. aportes de las actividades de gestión). Además, se deberán completar y documentar en el informe las actividades de garantía de calidad y de control de calidad (GC/CC), incluso los procedimientos de garantía de calidad con los que revisores pares no involucrados en el análisis evaluaron la metodología. Para conocer detalles respecto a GC/CC, generación de informes y documentación, véase la sección que trata sobre la categoría fuente específica más adelante en este volumen, así como la información provista en el Volumen 1, Capítulo 6.

2.5.2 Inventarios de Nivel 3 basados en modelos

Los inventarios basados en modelos se desarrollan utilizando modelos de avanzada empíricos, basados en procesos o de otros tipos. Es una *buena práctica* contar con mediciones independientes para confirmar que el modelo tiene la capacidad necesaria para estimar emisiones y absorciones en las categorías fuente de interés (Prisley y Mortimer, 2004). En general, se utilizan siete etapas para implementar un inventario de Nivel 3 basado en modelos (Figura 2.7).

Etapla 1. Selección/desarrollo de un modelo para calcular los cambios de existencias y/o las emisiones de gases de efecto invernadero. Se debe seleccionar o desarrollar un modelo que represente los cambios de existencias o las emisiones de gases de efecto invernadero no CO₂ con mayor exactitud que la que ofrecen los métodos de los Niveles 1 y 2. Como parte de esta decisión, es una *buena práctica* considerar la disponibilidad de datos para ingresar (Etapla 3) y de los recursos informáticos necesarios para implementar el modelo (Etapla 5).

Figura 2.7 **Etapas para desarrollar un sistema de estimación de inventario de Nivel 3 basado en modelos**



Etapla 2. Evaluación con datos de calibración. Es una etapa crítica para el desarrollo del inventario en el que se comparen resultados de modelos directamente con mediciones utilizadas para la calibración/parametrización del modelo (p. ej. Falloon y Smith, 2002). Se pueden realizar comparaciones empleando pruebas estadísticas y/o gráficamente, con el objeto de demostrar que el modelo simula eficazmente las tendencias medidas para diversas condiciones en la categoría de fuente de interés. Es una *buena práctica* garantizar que el modelo responda como corresponde a las variaciones en los datos de la actividad y tenga la capacidad de declarar los resultados por categoría de uso de la tierra según las convenciones formuladas en el Capítulo 3. Puede resultar necesario efectuar una recalibración del modelo o modificaciones de su estructura (es decir, algoritmos) si el modelo no captura las tendencias generales y si hay grandes sesgos sistemáticos. En algunos casos, se puede seleccionar o desarrollar un nuevo modelo sobre la base de esta evaluación. Los resultados de la evaluación constituyen un componente importante de la documentación sobre declaración, lo que justifica el uso de un modelo en particular para cuantificar las emisiones de una categoría fuente.

Etapla 3. Recolección de datos espacio-temporales sobre actividades y condiciones ambientales pertinentes que se necesitan para ingresarlos a un modelo. Los modelos, incluidos los que se utilizan en los métodos de Niveles 1 y 2, requieren que se les ingrese información específica para estimar las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero relacionada con una categoría de fuente. Estos datos a ingresar pueden comprender desde información meteorológica o de los suelos hasta cantidad de ganado, tipos de bosques, perturbaciones naturales o prácticas de gestión de cultivos. Constituye una *buena práctica* que los datos a ingresar sean coherentes con la escala espacio-temporal del modelo (es decir, algoritmos). Por ejemplo, si un modelo funciona con periodicidad diaria, entonces los datos a ingresar deben suministrar información respecto a la variación diaria en los datos sobre características ambientales o actividad. En algunos casos, los datos a ingresar pueden constituir un factor limitante en la selección del modelo, lo que obliga a descartar algunos modelos por inapropiados, dados los datos de la actividad y/o ambientales de que disponen.

Etapla 4. Cuantificación de incertidumbres. Las incertidumbres se deben a la imperfección del conocimiento respecto a las actividades o los procesos que conducen a flujos de gases de efecto invernadero y es típico que se manifiesten en la estructura del modelo y en los datos que se le ingresan. Consecuentemente, el propósito de los análisis de incertidumbre es proporcionar una medida rigurosa de la confianza que se le atribuye a la estimación de un modelo, basada en incertidumbres contenidas en la estructura del modelo y en los datos que se le ingresan, lo que genera una medida de variabilidad en los cambios de existencias de carbono o en los flujos de gases de efecto invernadero no CO₂. En el Volumen 1, Capítulo 3, se ofrece orientación específica respecto a los métodos adecuados para llevar a cabo estos análisis. También se proporciona información adicional respecto a categorías de fuente específicas más adelante en este volumen.

Etapla 5. Aplicación del modelo. El principal aspecto a considerar para esta etapa es que haya suficientes recursos informáticos y tiempo del personal para preparar los datos a ingresar, realizar las simulaciones del modelo y analizar los resultados. Esto depende de la eficiencia con que esté preparada la programación y de la complejidad del modelo, así como del alcance espacial y temporal y de la resolución de las simulaciones. En algunos casos, las limitaciones en recursos informáticos pueden limitar la complejidad y la amplitud de la resolución espacial o temporal que se puede usar en la aplicación a nivel nacional (es decir, simular a escalas espaciales y temporales más pormenorizadas va a requerir mayores recursos informáticos).

Etapla 6. Evaluación con datos independientes. Es importante tener presente la diferencia entre las Etapas 2 y 6. La Etapa 2 implica probar la salida del modelo con datos de campo que se utilizaran como base para la calibración (es decir, la parametrización). Por contraste, la evaluación con datos independientes se realiza con un conjunto de datos completamente independiente de la calibración del modelo, por lo que proporciona una evaluación más rigurosa de los componentes y los resultados del modelo. Lo óptimo es que la evaluación independiente se base en mediciones de una red de monitorización o de sitios de investigación que no se hayan usado para calibrar los parámetros del modelo. La red sería similar, en principio, a una serie de sitios que se utilizan para un inventario basado en mediciones. No obstante, no es necesario que el muestreo sea tan intensivo porque la red no forma parte de la base para estimar los cambios en las existencias de carbono ni los flujos de gases de efecto invernadero no CO₂ como sucede en las inventarios basados exclusivamente en mediciones, sino que se usa para verificar los resultados del modelo.

En algunos casos, la evaluación independiente puede demostrar que el sistema de estimación basado en el modelo no es el apropiado debido a diferencias de gran magnitud e impredecibles entre los resultados del modelo y las tendencias medidas a partir de la red de monitorización. Los problemas pueden tener su origen en una de tres posibilidades: errores en la etapa de aplicación, escasez de datos para alimentar al modelo, o un modelo inadecuado. Es típico que surjan problemas de aplicación a partir de los errores de programación informática, mientras que los datos ingresados al modelo pueden generar resultados erróneos si los mismos no son representativos de la actividad de gestión o de las condiciones ambientales. En estos dos casos, constituye una *buena práctica* para quienes desarrollan el inventario volver a las Etapas 3 o 6, según el problema que se plantee. Parece menos factible que el modelo resulte inadecuado si la Etapa 2 se consideró razonable. No obstante, si éste fuera el caso, es una *buena práctica* volver a la fase de selección/desarrollo del modelo (Etapa 1).

Durante la Etapa 2 que sigue a la de selección/desarrollo, es una *buena práctica* evitar el uso de datos de evaluación independientes para recalibrar o definir algoritmos. Si esto sucede, estos datos ya no serían apropiados para una evaluación independiente y, por ende, no satisfarían el propósito de la Etapa 6 de este método de inventario.

Etapa 7. Generación de informes y documentación. Constituye una *buena práctica* recopilar los resultados de los inventarios de manera sistemática y transparente a los efectos de la generación de informes. La documentación puede incluir una descripción del modelo, un resumen de las fuentes de los datos ingresados al modelo, los resultados de la evaluación del modelo, incluyendo las fuentes de los experimentos y/o los datos de mediciones de la red de monitoreo, las estimaciones de cambios en las existencias y en las emisiones, y la interpretación de las tendencias de las emisiones (es decir, los aportes de las actividades de gestión). La garantía de calidad y el control de calidad deben completarse y documentarse en el informe. Para conocer detalles respecto a GC/CC, generación de informes y documentación, véase la sección que trata sobre la categoría de fuente específica más adelante en este volumen, así como la información provista en el Volumen 1, Capítulo 6.

Referencias

- Andrea, M.O. and Merlet, P. (2001). Emission of trace gases and aerosols from biomass burning. *Global Biogeochemical Cycles* **15**:955-966.
- Armentano, T.V. and Menges, E.S. (1986). Patterns of change in the carbon balance of organic soil-wetlands of the temperate zone. *Journal of Ecology* **74**: 755-774.
- Baldocchi, D., Falge, E., Gu, L.H., Olson, R., Hollinger, D., Running, S., Anthoni, P., Bernhofer, C., Davis, K., Evans, R., Fuentes, J., Goldstein, A., Katul, G., Law, B., Lee, X.H., Malhi, Y., Meyers, T., Munger, W., Oechel, W., Pilegaard, K., Schmid, H.P., Valentini, R., Verma, S., Vesala, T., Wilson, K. and Wofsy, S. (2001). FLUXNET: A new tool to study the temporal and spatial variability of ecosystem-scale carbon dioxide, water vapor, and energy flux densities. *Bulletin of the American Meteorological Society* **82**: pp. 2415-2434.
- Bernoux, M., Carvalho, M.D.S., Volkoff, B. and Cerri, C.C. (2002). Brazil's soil carbon stocks. *Soil Science Society of America Journal* **66**:888-896.
- Bhatti, J.S., Apps, M.J. and Jiang, H. (2001). Examining the carbon stocks of boreal forest ecosystems at stand and regional scales. In: Lal R. *et al.* (eds.) *Assessment Methods for Soil Carbon*, Lewis Publishers, Boca Raton FL, pp. 513-532.
- Brady, N.C. and Weil, R.R. (1999). *The Nature and Properties of Soils*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 881 pp.
- Clymo, R.S. (1984). The limits to peat bog growth. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* **303**:605-654.
- Conant, R.T., Paustian, K. and Elliott, E.T. (2001). Grassland management and conversion into grassland: Effects on soil carbon. *Ecological Application* **11**:343-355.
- Coomes, D.A., Allen, R.B., Scott, N.A., Goulding, C. and Beets, P. (2002). Designing systems to monitor carbon stocks in forests and shrublands. *Forest Ecology and Management* **164**, pp. 89 - 108.
- Davidson, E. A. and Ackerman, I.L. (1993). Changes in soil carbon inventories following cultivation of previously untilled soils. *Biogeochemistry* **20**:161-164.
- Ellert, B.H., Janzen, H.H. and McConkey, B.G. (2001). Measuring and comparing soil carbon storage. In: R. Lal, J.M. Kimble, R.F. Follett and B.A. Stewart (eds.). *Soil Management for Enhancing Carbon Sequestration*. CRC Press, Boca Raton, FL.: pp. 593-610.
- Falloon, P. and Smith, P. (2002). Simulating SOC changes in long-term experiments with the RothC and Century; model evaluation for a regional application. *Soil Use and Management* **18**:101-111.
- Falloon, P. and Smith, P. (2003). Accounting for changes in soil carbon under the Kyoto Protocol: need for improved long-term data sets to reduce uncertainty in model projections. *Soil Use and Management* **19**:265-269.
- Forbes, M.S., Raison, R.J. and Skjemstad, J.O. (2006). Formation, transformation and transport of black carbon (charcoal) in terrestrial and aquatic ecosystems. *Journal of the Science of the Total Environment* (in press).

- Gifford, R.M. and Roderick, M.L. (2003). Soil carbon stocks and bulk density: spatial and cumulative mass coordinates as a basis for expression? *Global Change Biology* **9**:1507-1513.
- Gorham, E. (1991). Northern peatlands: role in the carbon cycle and probably responses to climatic warming. *Ecological Applications* **1**:182-195.
- Harmon, M.E. and Hua, C. (1991). Coarse woody debris dynamics in two old-growth ecosystems. *BioScience* **41**: 604-610.
- Harmon, M.E., Franklin, J.F., Swanson, F.J., Sollins, P., Gregory, S.V., Lattin, J.D., Anderson, N.H., Cline, S.P., Aumen, N.G., Sedell, J.R., Lienkaemper, G.W., Cromack, J.R. and Cummins, K.W. (1986). Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Advances in Ecological Research* **15**: 133–302.
- IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories. Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Tréanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. Callander B.A. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA, Paris, France.
- IPCC (2000). Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K., Tanabe K. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan.
- IPCC (2000). Watson R., Noble I.R., Bolin B., Ravindranath, N.H., Verardo D.J. and Dokken D.J. (Eds). Land use, Land-use Change, and Forestry: A Special Report. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- IPCC (2003). Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Penman J., Gytarsky M., Hiraishi T., Krug, T., Kruger D., Pipatti R., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K., Wagner F. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/IGES, Hayama, Japan.
- Jobbagy, E.G. and Jackson, R.B. (2000). The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecological Applications* **19**(2): 423-436.
- Karjalainen, L. and Kuuluvainen, T. (2002). Amount and diversity of coarse woody debris within a boreal forest landscape dominated by *Pinus sylvestris* in Vienansalo wilderness, eastern Fennoscandia. *Silva Fennica* **36**(1): 147–167.
- Kasimir-Klemetsson, A, Klemetsson, L., Berglund, K., Martikainen, P., Silvola, J. and Oenema, O. (1997). Greenhouse gas emissions from farmed organic soils: a review. *Soil Use and Management* **13**:245-250.
- Krankina, O.N., Harmon, M.E., Kukuev, Y.A., Treyfeld, R.E., Kashpor, N.N., Kresnov, V.G., Skudin, V.M., Protasov, N.A., Yatskov, M., Spycher, G. and Povarov, E.D. (2002). Coarse woody debris in forest regions of Russia, *Can.J. For. Res.* **32**: 768-778.
- Kurz, W.A., Apps, M.J., Webb, T.M. and McNamee, P.J. (1992). The carbon budget of the Canadian forest sector: phase I. Forestry Canada, Northwest Region. Information Report NOR-X-326, 93 pp.
- Lettens, S., van Orshoven, J., van Wesemael, B. and Muys, B. (2004). Soil organic and inorganic carbon contents of landscape units in Belgium derived using data from 1950 to 1970. *Soil Use and Management* **20**: 40-47.
- Mann, L.K. (1986). Changes in soil carbon storage after cultivation. *Soil Science* **142**:279-288.
- Martikainen, P.J., Nykanen, H., Alm, J. and Silvola, J. (1995). Change in fluxes of carbon dioxide, methane and nitrous oxide due to forest drainage of mire sites of different trophy. *Plant & Soil* **169**: 571-577.
- McGill, W. B. (1996). Review and classification of ten soil organic matter models. In: Powlson D.S., Smith P., and Smith J.U. (eds.). *Evaluation of Soil Organic Matter Models Using Existing Long-Term Datasets*. Springer-Verlag, Heidelberg: pp. 111-132.
- Nykänen, H., Alm, J., Lang, K., Silvola, J. and Martikainen, P.J. (1995). Emissions of CH₄, N₂O, and CO₂ from a virgin fen and a fen drained for grassland in Finland. *Journal of Biogeography* **22**:351-357.
- Ogle, S.M., Breidt, F.J., Eve, M.D. and Paustian, K. (2003). Uncertainty in estimating land-use and management impacts on soil organic carbon storage for U.S. agricultural lands between 1982 and 1997. *Global Change Biology* **9**:1521-1542.
- Ogle, S.M., Breidt, F.J. and Paustian, K. (2005). Agricultural management impacts on soil organic carbon storage under moist and dry climatic conditions of temperate and tropical regions. *Biogeochemistry* **72**:87-121.

- Ogle, S.M., Conant, R.T. and Paustian, K. (2004). Deriving grassland management factors for a carbon accounting approach developed by the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Environmental Management* **33**:474-484.
- Paustian, K., Andren, O., Janzen, H.H., Lal, R., Smith, P., Tian, G., Tiessen, H., van Noordwijk, M. and Woerner, P.L. (1997). Agricultural soils as a sink to mitigate CO₂ emissions. *Soil Use and Management* **13**:230-244.
- Preston, C.M. and Schmidt, M.W.I. (2006). Black (pyrogenic) carbon in the boreal forests: a synthesis of current knowledge and uncertainties. *Biogeosciences Discussions* **3**,211-271.
- Prisley, S.P. and Mortimer, M.J. (2004). A synthesis of literature on evaluation of models for policy applications, with implications for forest carbon accounting. *Forest Ecology and Management* **198**:89-103.
- Shaw, C.H., Bhatti, J.S. and Sabourin, K.J. (2005). An ecosystem carbon database for Canadian forests. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Northern Forestry Centre, Edmonton, Alberta, Information Report NOR-X-403.
- Siltanen *et al.* (1997). A soil profile and organic carbon data base for Canadian forest and tundra mineral soils. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Northern Forestry Centre, Edmonton, Alberta.
- Sleutel, S., de Neve, S., Hofman, G., Boeckx, P., Beheydt, D., van Cleemput, O., Mestdagh, I., Lootens, P., Carlier, L., van Camp, N., Verbeeck, H., Vand Walle, I., Sampson, R., Lust, N. and Lemeur, R. (2003). Carbon stock changes and carbon sequestration potential of Flemish cropland soils. *Global Change Biology* **9**:1193-1203.
- Smith, J. E. and Heath, L.S. (2001). Identifying influences on model uncertainty: an application using a forest carbon budget model. *Environmental Management* **27**:253-267.
- Smith, P., Powlson, D.S., Smith, J.U. and Elliott, E.T. (eds) (1997b). Evaluation and comparison of soil organic matter models. Special Issue, *Geoderma* **81**:1-225.
- Smith, P. (2004a). Monitoring and verification of soil carbon changes under Article 3.4 of the Kyoto Protocol. *Soil Use and Management* **20**: 264-270.
- Smith, P. (2004b). How long before a change in soil organic carbon can be detected? *Global Change Biology* **10**: 1878-1883.
- Smith, S.V., Renwick, W.H., Buddemeier, R.W. and Crossland, C.J. (2001). Budgets of soil erosion and deposition for sediments and sedimentary organic carbon across the conterminous United States. *Global Biogeochemical Cycles* **15**:697-707.
- Smith, W.N., Desjardins, R.L. and Pattey, E. (2000). The net flux of carbon from agricultural soils in Canada 1970-2010. *Global Change Biology* **6**:557-568.
- Somogyi, Z., Cienciala, E., Mäkipää, R., Muukkonen, P., Lehtonen, A. and Weiss, P. (2006). Indirect methods of large-scale forest biomass estimation. *European Journal of Forest Research*. DOI: 10.1007/s10342006-0125-7.
- Tate, K.R., Wilde, R.H., Giltrap, D.J., Baisden, W.T., Saggar, S., Trustrum, N.A., Scott, N.A. and Barton, J.P. (2005). Soil organic carbon stocks and flows in New Zealand: measurement and modelling. *Canadian Journal of Soil Science*, in press.
- Thormann M.N., Szumigalski A.R. and Bayley S.E. (1999). Above-ground peat and carbon accumulation potentials along a bog-fen-marsh wetland gradient in southern boreal Alberta, Canada. *Wetlands* **19** (2): 305-317.
- Tremblay, S., Ouimet, R. and Houle, D. (2002). Prediction of organic carbon content in upland forest soils of Quebec, Canada. *Can. J. For. Res.* **32**: pp. 903-914.
- VandenBygaart, A.J., Gregorich, E.G., Angers, D.A., *et al.* (2004). Uncertainty analysis of soil organic carbon stock change in Canadian cropland from 1991 to 2001. *Global Change Biology* **10**:983-994.
- Vogt, K.A., Vogt, D.J., Pamiotto, P.A., Boon, P., O'Hara, J. and Asbjornsen, H. (1996). Review of root dynamics in forest ecosystems grouped by climate, climatic forest type, and species. *Plant and Soil* **187**: pp. 159-219.
- Yavitt, J. B., Fahey, T.J. and Simmons, J.A. (1997). Methane and carbon dioxide dynamics in a northern hardwood ecosystem. *Soil Science Society of America Journal* **59**: 796-804.

REFERENCIAS DE LOS CUADROS 2.4 Y 2.6

1. Alexander, M. (1978). Calculating and interpreting forest fire intensities. *Canadian Journal of Botany* **60**: p. 349-357.
2. Amiro, B., Todd, J. and Wotton, B. (2001). Direct carbon emissions from Canadian forest fires, 1959-1999. *Canadian Journal of Forest Research*, **31**: p. 512-525.
3. Araújo, T., Carvalho, J., Higuchi, N., Brasil, A. and Mesquita, A. (1999). A tropical rainforest clearing experiment by biomass burning in the state of Pará, Brazil. *Atmospheric Environment*. **33**: p. 1991-1998.
4. Barbosa, R. and Fearnside, P. (1996). Pasture burning in Amazonia: Dynamics of residual biomass and the storage and release of above-ground carbon. *Journal of Geophysical Research*, **101**(D20): p. 25847-25857.
5. Bilbao, B. and Medina, E. (1996). Types of grassland fires and nitrogen volatilization in tropical savannas of calabozo, in Biomass Burning and Global Change: Volume 2. Biomass burning in South America, Southeast Asia, and temperate and boreal ecosystems, and the oil fires of Kuwait, J. Levine, Editor. MIT Press: Cambridge. p. 569-574.
6. Cachier, H., Liousse, C., Pertusiot, M., Gaudichet, A., Echalar, F. and Lacaux, J. (1996). African fire Particulate emissions and atmospheric influence, in Biomass Burning and Global Change: Volume 1. Remote Sensing, Modeling and Inventory Development, and Biomass Burning in Africa, J. Levine, Editor. MIT Press: Cambridge. p. 428-440.
7. Carvalho, J., Higuchi, N., Araujo, T. and Santos, J. (1998). Combustion completeness in a rainforest clearing experiment in Manaus, Brazil. *Journal of Geophysical Research*. **103**(D11): p. 13195.
8. Carvalho, J., Costa, F., Veras, C., et al. (2001). Biomass fire consumption and carbon release rates of rainforest-clearing experiments conducted in northern Mato Grosso, Brazil. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, **106**(D16): p. 17877-17887.
9. Cheyney, N., Raison, R. and Khana, P. (1980). Release of carbon to the atmosphere in Australian vegetation fires, in Carbon Dioxide and Climate: Australian Research, G. Pearman, Editor. *Australian Academy of Science*: Canberra. p. 153-158.
10. Cofer, W., Levine, J., Winstead, E. and Stocks, B. (1990). Gaseous emissions from Canadian boreal forest fires. *Atmospheric Environment*, **24A**(7): p. 1653-1659.
11. Cofer, W., Winstead, E., Stocks, B., Goldammer, J. and Cahoon, D. (1998). Crown fire emissions of CO₂, CO, H₂, CH₄, and TNMHC from a dense jack pine boreal forest fire. *Geophysical Research Letters*, **25**(21): p. 3919-3922.
12. De Castro, E.A. and Kauffman, J.B. (1998). Ecosystem structure in the Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of above-ground biomass, root mass and consumption by fire. *Journal of Tropical Ecology*, **14**(3): p. 263-283.
13. Delmas, R. (1982). On the emission of carbon, nitrogen and sulfur in the atmosphere during bushfires in intertropical savannah zones. *Geophysical Research Letters*, **9**(7): p. 761-764.
14. Einfeld, W., Ward, D. and Hardy, C. (1991). Effects of fire behaviour on prescribed fire smoke characteristics: A case study, in Global Biomass Burning: Atmospheric, Climatic, and Biospheric Implications, J. Levine, Editor, MIT Press: Massachusetts. p. 412-419.
15. Fearnside, P., Filho, N. and Fernandes, F. (1993). Rainforest burning and the global carbon budget: biomass, combustion efficiency and charcoal formation in the Brazilian Amazon. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, **98**(D9): p. 16733-16743.
16. Fearnside, P., Graca, P., Filho, N., Rodrigues, J. and Robinson, J. (1999). Tropical forest burning in Brazilian Amazonia: measurement of biomass loading, burning efficiency and charcoal formation at Altamira, Para. *Forest Ecology and Management*, **123**: p. 65-79.
17. Fearnside, P., Graca, P. and Rodrigues, J. (2001). Burning of Amazonian rainforests: burning efficiency and charcoal formation in forest cleared for cattle pasture near Manaus, Brazil. *Forest Ecology and Management*, **146**: p. 115-128.
18. Feller, M. (1998). The influence of fire severity, not fire intensity, on understory vegetation biomass in British Columbia. in 13th Fire and Forest Meteorology Conference. Lorne, Australia: IAWF.
19. Flinn, D., Hopmans, P., Farrell, P. and James, J. (1979). Nutrient loss from the burning of Pinus radiata logging residue. *Australian Forest Research*, **9**: p. 17-23.
20. Garnett, M., Ineson, P. and Stevenson, A. (2000). Effects of burning and grazing on carbon sequestration in a Pennine blanket bog, UK. *Holocene*, **10**(6): p. 729-736.
21. Graca, P., Fearnside, P. and Cerri, C. (1999). Burning of Amazonian forest in Ariquemes, Rondonia, Brazil: biomass, charcoal formation and burning efficiency. *Forest Ecology and Management*, **120**: p. 179-191.
22. Griffin, G. and Friedel, M. (1984). Effects of fire on central Australian rangelands. I Fire and fuel characteristics and changes in herbage and nutrients. *Australian Journal of Ecology*, **9**: p. 381-393.
23. Guild, L., Kauffman, J., Ellingson, L. and Cummings, D. (1998). Dynamics associated with total above-ground biomass, C, nutrient pools, and biomass burning of primary forest and pasture in Rondonia, Brazil during SCAR-B. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, **103**(D24): p. 32091-32100.
24. Gupta, P., Prasad, V., Sharma, C., Sarkar, A., Kant, Y., Badarinath, K. and Mitra, A. (2001). CH₄ emissions from biomass burning of shifting cultivation areas of tropical deciduous forests - experimental results from ground - based measurements. *Chemosphere - Global Change Science*, **3**: p. 133-143.
25. Harwood, C. and Jackson, W. (1975). Atmospheric losses of four plant nutrients during a forest fire. *Australian Forestry*, **38**(2): p. 92-99.
26. Hobbs, P. and Gimingham, C. (1984). Studies on fire in Scottish heathland communities. *Journal of Ecology*, **72**: p. 223-240.
27. Hobbs, P., Reid, J., Herring, J., et al. (1996). Particle and trace-gas measurements from prescribed burns of forest products in the Pacific Northwest, in Biomass Burning and Global Change: Volume 2. Biomass burning in South America, Southeast Asia, and temperate and boreal ecosystems, and the oil fires of Kuwait, J. Levine, Editor. MIT Press: Cambridge. p. 697-715.

28. Hoffa, E., Ward, D., Hao, W., Susott, R. and Wakimoto, R. (1999). Seasonality of carbon emissions from biomass burning in a Zambian savanna. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, **104**(D11): p. 13841-13853.
29. Hopkins, B.(1965). Observations on savanna burning in the Olokemeji forest reserve, Nigeria. *Journal of Applied Ecology*, **2**(2): p. 367-381.
30. Hughes, R., Kauffman, J. and Cummings, D. (2000). Fire in the Brazilian Amazon 3. Dynamics of biomass, C, and nutrient pools in regenerating forests. *Oecologia*, **124**(4): p. 574-588.
31. Hurst, D., Griffith, W. and Cook, G. (1994). Trace gas emissions from biomass burning in tropical Australian savannas. *Journal of Geophysical Research*, **99**(D8): p. 16441-16456.
32. Jackson, W. (2000). Nutrient stocks in Tasmanian vegetation and approximate losses due to fire. Papers and proceedings of the Royal Society of Tasmania, 134: p. 1-18.
33. Kasischke, E., French, N., Bourgeau-Chavez, L. and Christensen, N. (1995). Estimating release of carbon from 1990 and 1991 forest fires in Alaska. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, **100**(D2): p. 2941-2951.
34. Kauffman, J. and Uhl, C. (1990). 8 interactions of anthropogenic activities, fire, and rain forests in the Amazon Basin, in *Fire in the Tropical Biota: Ecosystem Processes and Global Changes*, J. Goldammer, Editor. Springer-Verlag: Berlin. p. 117-134.
35. Kauffman, J., Sanford, R., Cummings, D., Salcedo, I. and Sampaio, E. (1993). Biomass and nutrient dynamics associated with slash fires in neotropical dry forests. *Ecology*, **74**(1): p. 140-151.
36. Kauffman, J., Cummings, D. and Ward, D. (1994). Relationships of fire, biomass and nutrient dynamics along a vegetation gradient in the Brazilian cerrado. *Journal of Ecology*, **82**: p. 519-531.
37. Kauffman, J., Cummings, D., Ward, D. and Babbitt, R. (1995). Fire in the Brazilian Amazon: 1. Biomass, nutrient pools, and losses in slashed primary forests. *Oecologia*, **104**: p. 397-408.
38. Kauffman, J., Cummings, D. and Ward, D. (1998). Fire in the Brazilian Amazon: 2. Biomass, nutrient pools and losses in cattle pastures. *Oecologia*, **113**: p. 415-427.
39. Kayll, A. (1966). Some characteristics of heath fires in north-east Scotland. *Journal of Applied Ecology*, **3**(1): p. 29-40.
40. Kiil, A. (1969). Fuel consumption by a prescribed burn in spruce-fir logging slash in Alberta. *The Forestry Chronicle*, : p. 100-102.
41. Kiil, A.(1975). Fire spread in a black spruce stand. Canadian Forestry Service Bi-Monthly Research Notes, 31(1): p. 2-3.
42. Lacaux, J., Cachier, H. and Delmas, R. (1993). Biomass burning in Africa: an overview of its impact on atmospheric chemistry, in *Fire in the Environment: The Ecological, Atmospheric, and Climatic Importance of Vegetation Fires*, P. Crutzen and J. Goldammer, Editors. John Wiley & Sons: Chichester. p. 159-191.
43. Lavoue, D., Lioussé, C., Cachier, H., Stocks, B. and Goldammer, J. (2000). Modeling of carbonaceous particles emitted by boreal and temperate wildfires at northern latitudes. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, **105**(D22): p. 26871-26890.
44. Levine, J. (2000). Global biomass burning: a case study of the gaseous and particulate emissions released to the atmosphere during the 1997 fires in Kalimantan and Sumatra, Indonesia, in *Biomass Burning and its Inter-relationships with the Climate System*, J. Innes, M. Beniston and M. Verstraete, Editors. Kluwer Academic Publishers: Dordrecht. p. 15-31.
45. Levine, J. and Cofer, W. (2000). Boreal forest fire emissions and the chemistry of the atmosphere, in *Fire, Climate Change and Carbon Cycling in the Boreal Forest*, E. Kasischke and B. Stocks, Editors. Springer-Verlag: New York. p. 31-48.
46. Marsdon-Smedley, J. and Slijepcevic, A. (2001). Fuel characteristics and low intensity burning in Eucalyptus obliqua wet forest at the Warra LTER site. *Tasforests*, **13**(2): p. 261-279.
47. Mazurek, M., Cofer, W. and Levine, J. (1991). Carbonaceous aerosols from prescribed burning of a boreal forest ecosystem, in *Global Biomass Burning: Atmospheric, Climatic, and Biospheric Implications*, J. Levine, Editor, MIT Press: Massachusetts. p. 258-263.
48. McNaughton, S., Stronach, N. and Georgiadis, N. (1998). Combustion in natural fires and global emissions budgets. *Ecological Applications*, **8**(2): p. 464-468.
49. McRae, D. and Stocks, B. (1987). Large-scale convection burning in Ontario. in *Ninth Conference on Fire and Forest Meteorology*. San Diego, California: American Meteorological Society.
50. Moula, M., Brustet, J., Eva, H., Lacaux, J., Gregoire, J. and Fontan, J. (1996). Contribution of the Spread-Fire Model in the study of savanna fires, in *Biomass Burning and Global Change: Volume 1. Remote Sensing, Modeling and Inventory Development, and Biomass Burning in Africa*, J. Levine, Editor. MIT Press: Cambridge. p. 270-277.
51. Neil, R., Stronach, N. and McNaughton, S. (1989). Grassland fire dynamics in the Serengeti ecosystem, and a potential method of retrospectively estimating fire energy. *Journal of Applied Ecology*, **26**: p. 1025-1033.
52. Pivello, V. and Coutinho, L. (1992). Transfer of macro-nutrients to the atmosphere during experimental burnings in an open cerrado (Brazilian savanna). *Journal of Tropical Ecology*, **8**: p. 487-497.
53. Prasad, V., Kant, Y., Gupta, P., Sharma, C., Mitra, A. and Badarinath, K. (2001). Biomass and combustion characteristics of secondary mixed deciduous forests in Eastern Ghats of India. *Atmospheric Environment*, **35**(18): p. 3085-3095.
54. Raison, R., Khana, P. and Woods, P. (1985). Transfer of elements to the atmosphere during low intensity prescribed fires in three Australian subalpine eucalypt forests. *Canadian Journal of Forest Research*, **15**: p. 657-664.
55. Robertson, K. (1998). Loss of organic matter and carbon during slash burns in New Zealand exotic forests. *New Zealand Journal of Forestry Science*, **28**(2): p. 221-241.
56. Robinson, J. (1989). On uncertainty in the computation of global emissions from biomass burning. *Climatic Change*, **14**: p. 243-262.
57. Shea, R., Shea, B., Kauffman, J., Ward, D., Haskins, C. and Scholes, M. (1996). Fuel biomass and combustion factors associated with fires in savanna ecosystems of South Africa and Zambia. *Journal of Geophysical Research*, **101**(D19): p. 23551-23568.

58. Slijepcevic, A. (2001). Loss of carbon during controlled regeneration burns in Eucalyptus obliqua forest. *Tasforests*, **13**(2): p. 281-289.
59. Smith, D. and James, T. (1978). Characteristics of prescribed burns and resultant short-term environmental changes in Populus tremuloides woodland in southern Ontario. *Canadian Journal of Botany*, **56**: p. 1782-1791.
60. Soares, R. and Ribeiro, G. (1998). Fire behaviour and tree stumps sprouting in Eucalyptus prescribed burnings in southern Brazil. in III International Conference on Forest Fire Research / 14th Conference on Fire and Forest Meteorology. Luso.
61. Sorrensen, C. (2000). Linking smallholder land use and fire activity: examining biomass burning in the Brazilian Lower Amazon. *Forest Ecology and Management*, **128**(1-2): p. 11-25.
62. Stewart, H. and Flinn, D. (1985). Nutrient losses from broadcast burning of Eucalyptus debris in north-east Victoria. *Australian Forest Research*, **15**: p. 321-332.
63. Stocks, B. (1987). Fire behaviour in immature jack pine. *Canadian Journal of Forest Research*, **17**: p. 80-86.
64. Stocks, B. (1989). Fire behaviour in mature jack pine. *Canadian Journal of Forest Research*, **19**: p. 783-790.
65. Stocks, B., van Wilgen B., Trollope W., McRae D., Mason J., Weirich F. and Potgieter A. (1996). Fuels and fire behaviour dynamics on large-scale savanna fires in Kruger National Park, South Africa. *Journal of Geophysical Research*, **101**(D19): p. 23541-23550.
66. Stocks, B. and Kauffman, J. (1997). Biomass consumption and behaviour of wildland fires in boreal, temperate, and tropical ecosystems: parameters necessary to interpret historic fire regimes and future fire scenarios, in Sediment Records of Biomass Burning and Global Change, J. Clark, et al., Editors. Springer-Verlag: Berlin. p. 169-188.
67. Susott, R., Ward D., Babbitt R. and Latham D. (1991). The measurement of trace emissions and combustion characteristics for a mass fire, in Global Biomass Burning: Atmospheric, Climatic, and Biospheric Implications, J. Levine, Editor. MIT Press: Massachusetts. p. 245-257.
68. Turetsky, M. and Wieder, R. (2001). A direct approach to quantifying organic matter lost as a result of peatland wildfire. *Canadian Journal of Forest Research*, **31**(2): p. 363-366.
69. Van Wagner, C. (1972). Duff consumption by fire in eastern pine stands. *Canadian Journal of Forest Research*, **2**: p. 34-39.
70. van Wilgen, B., Le Maitre, D. and Kruger, F. (1985). Fire behaviour in South African fynbos (macchia) vegetation and predictions from Rothermel's fire model. *Journal of Applied Ecology*, **22**: p. 207-216.
71. Vose, J. and Swank, W. (1993). Site preparation burning to improve southern Appalachian pine-hardwood stands: above-ground biomass, forest floor mass, and nitrogen and carbon pools. *Canadian Journal of Forest Research*, **23**: p. 2255-2262.
72. Walker, J. (1981). Fuel dynamics in Australian vegetation, in Fire and the Australian Biota, A. Gill, R. Groves, e I. Noble, Editors. Australian Academy of Science: Canberra. p. 101-127.
73. Ward, D., Susott, R., Kauffman, J., et al. (1992). Smoke and fire characteristics for Cerrado and deforestation burns in Brazil: BASE-B Experiment. *Journal of Geophysical Research*, **97**(D13): p. 14601-14619.

CAPÍTULO 3

REPRESENTACIÓN COHERENTE DE LAS TIERRAS

Autores

Kathryn Bickel (Estados Unidos) y Gary Richards (Australia)

Michael Köhl (Alemania) y Ricardo Leonardo Vianna Rodrigues (Brasil)

Autores colaboradores

Goran Stahl (Suecia)

Índice

3	Representación coherente de las tierras	
3.1	Introducción	3.5
3.2	Categorías de uso de la tierra	3.6
3.3	Representación de las superficies de uso de la tierra.....	3.9
3.3.1	Tres métodos.....	3.2
	Método 1: Superficie total del uso de la tierra, no existen datos de las conversiones entre los usos de la tierra.....	3.12
	Método 2: Superficie de la tierra total incluyendo los cambios entre categorías	3.15
	Método 3: Datos de conversión del uso de la tierra explícitos en el espacio	3.15
3.3.2	Utilización de los datos	3.16
3.3.2.1	Estratificación de los datos de uso de la tierra.....	3.19
3.3.2.2	Preparación de los datos de superficie para la estimación de las emisiones y absorciones ...	3.21
3.4	Correspondencia de las superficies de tierra con los factores para estimar las emisiones y absorciones de los gases de efecto invernadero	3.21
3.5	Incertidumbres asociadas con los métodos	3.22
Anexo 3A.1	Ejemplos de conjuntos de datos de la cubierta terrestre internacional.....	3.24
Anexo 3A.2	Desarrollo de las bases de datos de uso de la tierra	3.28
Anexo 3A.3	Muestreo	3.34
Anexo 3A.4	Perspectiva general de métodos potenciales para desarrollar los conjuntos de datos del Método 3	3.39
Figura 3A.5	Clasificación por defecto del clima y del suelo.....	3.41
Referencias	.....	3.46

Figuras

Figura 3.1	Árbol de decisiones para la preparación de los datos de la superficie de uso de la tierra	3.20
Figura 3A.3.1	Principio de muestreo	3.34
Figura 3A.3.2	Plano aleatorio simple de parcelas (izquierda) y plano sistemático (derecha)	3.36
Figura 3A.3.3	Uso de diferentes configuraciones de unidades de muestreo permanentes y temporales para estimar los cambios	3.37
Figura 3A.5.1	Trazado de las principales zonas climáticas, actualizadas desde las Directrices del IPCC de 1996.	3.42
Figura 3A.5.2	Modelo de clasificación para las regiones climáticas por defecto. La clasificación se basa en la elevación, media anual de temperatura (MAT, del inglés <i>mean annual temperature</i>), media anual de precipitación (MAP, del inglés <i>mean annual precipitation</i>), relación entre la media anual de precipitación y el evapotransporte potencial (MAP:PET, del inglés <i>mean annual precipitation to potential evapotranspiration ratio</i>), y la incidencia de heladas.	3.43
Figura 3A.5.3	Modelo de clasificación para los tipos de suelo mineral basado en la taxonomía del USDA ...	3.44
Figura 3A.5.4	Modelo de clasificación para los tipos de suelo mineral basado en la clasificación de la Base de Referencia Mundial para los Recursos del Suelo (WRB, del inglés <i>World Reference Base for Soil Resources</i>).	3.45

Cuadros

Cuadro 3.1	Estratificaciones de ejemplo con datos complementarios para los métodos de estimación de las emisiones de Nivel 1	3.9
Cuadro 3.2	Ejemplo del método 1: Datos disponibles del uso de la tierra con cobertura nacional total.	3.13
Cuadro 3.3	Ejemplo ilustrativo de la estratificación de los datos para el Método 1	3.14
Cuadro 3.4	Ejemplo ilustrativo de tabulación de todas las conversiones del uso de la tierra para el Método 2, incluyendo los Estratos definidos a nivel nacional.	3.17
Cuadro 3.5	Ejemplo ilustrativo de los datos del Método 2 en una matriz de conversión de uso de la tierra con estratificación de categorías	3.18
Cuadro 3.6	Matriz simplificada de conversión del uso de la tierra para el ejemplo del Método 2.	3.19
Cuadro 3.7	Resumen de las incertidumbres de los Métodos 1 a 3	3.23
Cuadro 3A.1.1	Ejemplos de conjuntos de datos de la cubierta terrestre internacional.	3.24
Cuadro 3A.3.1	Ejemplo de la estimación de superficies por medio de proporciones	3.38

3 REPRESENTACIÓN COHERENTE DE LAS TIERRAS

3.1 INTRODUCCIÓN

Para estimar las existencias carbono y la emisión y absorción de los gases de efecto invernadero asociadas con las actividades de la Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU), se necesita información, en cuanto a la clasificación, datos de la superficie y muestreo que represente a varias categorías de usos de la tierra. Este capítulo proporciona una orientación sobre la utilización de los diferentes tipos de datos empleados para representar las categorías de usos de la tierra y las conversiones entre ellas; de modo que sean empleados de la forma más adecuada y coherente posible en los cálculos de inventario.

Los países utilizan varios métodos para obtener los datos, que incluyen censos anuales, sondeos periódicos y detección remota. Cada uno de estos métodos de recopilación de datos proporciona diferentes tipos de información (p. ej. mapas o tabulaciones), con diferentes frecuencias de declaración y con distintos atributos. Se proporciona una orientación sobre el uso de tres métodos genéricos.

El método 1 identifica la superficie total de cada categoría individual de uso de la tierra dentro de un país, pero no proporciona información detallada sobre la naturaleza de las conversiones entre los usos de la tierra. El método 2 presenta el seguimiento de las conversiones entre las categorías de uso de la tierra. El método 3 amplía la información disponible en el método 2 al permitir que las conversiones del uso de la tierra sean seguidas en base al espacio explícito. Los países pueden utilizar una mezcla de métodos para diferentes regiones a través del tiempo.

La orientación que aquí se presenta tiene por objeto ayudar a los países a hacer el mejor uso de los datos disponibles y reducir lo máximo posible la superposición parcial y las omisiones en la generación de informes. La orientación permite que aquellos que hacen los inventarios de los gases de efecto invernadero tomen decisiones justificadas respecto del uso apropiado de los diferentes tipos de datos, pero no pretende ser preceptiva en cuanto a su recopilación. En general, todos los datos deben ser:

- adecuados, es decir, capaces de representar las categorías de uso de la tierra y las conversiones entre ellas, según se necesiten para estimar los cambios en las existencias de carbono y las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero;
- coherentes, ADE, capaces de representar las categorías de uso de la tierra de manera coherente a través del tiempo, sin que se vean demasiado afectados por discontinuidades artificiales en los datos de la serie temporal;
- completos, lo que significa que debe estar incluida toda la tierra de un país, estar compensados los incrementos en algunas zonas con los descensos en otras, reconocer la estratificación biofísica de la tierra si fuera necesario (y de forma que pudiera ser respaldada por los datos) para la estimación y declaración de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero; y
- transparentes, es decir, que las fuentes de datos, definiciones, metodologías e hipótesis deben estar claramente descritos.

Las descripciones del uso de la tierra siguen el esquema siguiente:

- categoría de uso de la tierra – es el uso general de la tierra (a continuación, se describe una de las seis categorías declaradas, bien como la tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra (es decir, que tiene la misma utilización a través de la serie temporal) o bien como tierra convertida en una nueva categoría de uso de la tierra (que representa un cambio en el uso de la tierra).
- subcategoría – se refiere a circunstancias especiales (por ejemplo, zonas de pastoreo en Tierras forestales) que se estiman y declaran por separado pero que no duplican la tierra en la categoría amplia de uso de la tierra.
- Las categorías y las subcategorías de uso de la tierra pueden *estratificarse* más en base a las prácticas de uso de la tierra y a las características biofísicas para crear unidades espaciales más homogéneas que puedan ser utilizadas para la estimación de las emisiones (véase el Cuadro 3.1 como ejemplo).

3.2 CATEGORÍAS DE USO DE LA TIERRA

Las seis categorías generales de uso de la tierra descritas a continuación forman la base de la estimación y declaración de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero derivadas del uso de la tierra y de las conversiones del uso de la tierra. Los usos de la tierra pueden considerarse como categorías de primer nivel que representan todas las zonas de uso de la tierra, con subcategorías que describen circunstancias especiales significativas para la estimación de las emisiones, y de las que se dispone de datos. Las categorías son lo bastante generales como para clasificar todas las superficies de tierra en la mayoría de los países y para dar lugar a las diferencias en los sistemas nacionales de clasificación de uso de la tierra. Asimismo, pueden ser fácilmente estratificadas (por ejemplo, según el clima o la zona ecológica). Las categorías (y subcategorías) están pensadas para que puedan ser identificadas mediante el uso de **Métodos** para representar los datos del uso de la tierra descritos en las secciones subsiguientes.

Las definiciones de las categorías de uso de la tierra pueden incluir el tipo de cubierta terrestre, el uso de la tierra, o una combinación de ambos. Se debe tener cuidado de no mezclar el uso de la tierra con las características de la cubierta terrestre y viceversa. Por ejemplo, en algunos países, zonas bastante significativas de tierras forestales pueden ser de pastoreo, y puede recolectarse leña de árboles aislados en la categoría de pastizales. Estas zonas pueden ser lo bastante significativas en algunos países como para considerarlas por separado como subcategorías adicionales. Los países deben asegurarse de que la tierra no se contabiliza en más de una categoría o subcategoría, para evitar contabilizar dos veces las mismas superficies de tierra.

Por conveniencia, se hace referencia a las categorías como categorías de uso de la tierra. Se han seleccionado estas categorías en particular, porque son:

- sólidas, como base para la estimación de las emisiones y absorciones;
- aplicables, y
- completas, en el sentido en que todas las superficies de tierra de un país pueden clasificarse en estas categorías sin que se dupliquen.

Los países utilizarán sus propias definiciones de estas categorías, las cuales pueden o no referirse a definiciones internacionalmente aceptadas, tales como las de la FAO, Ramsar¹, etc. Sólo se proporcionan definiciones generales y no preceptivas para las categorías de uso de la tierra y para las tierras gestionadas y no gestionadas. Los países deben describir y aplicar las definiciones de las superficies de tierra nacionales de manera coherente a través del tiempo.

Los países deben describir los métodos y las definiciones utilizados para determinar las superficies de tierras gestionadas y no gestionadas. La tierra gestionada es aquella en la que ha habido intervención humana y donde se han aplicado prácticas para la realización de actividades de producción, ecológicas o sociales. Todas las definiciones y clasificaciones de tierras deben especificarse al nivel nacional, describirse de manera transparente y aplicarse de forma coherente a través del tiempo. No es necesario declarar las emisiones / absorciones de gases de efecto invernadero en tierras no gestionadas. No obstante, es una *buena práctica* que los países cuantifiquen, y efectúen un seguimiento a través del tiempo, de la superficie de tierras no gestionadas, de manera que se pueda mantener la coherencia en la contabilidad de la superficie a medida que se producen cambios en el uso de la tierra.

Como resolución del uso de la tierra nacional, el mapeo puede ser menos preciso que las definiciones utilizadas para describir las categorías de uso de la tierra (por ejemplo, si la definición de bosque que aplica un país incluye una superficie mínima de, digamos, una hectárea y el tamaño mínimo de la unidad de mapeo del uso de la tierra es de cinco hectáreas), es posible que existan pequeñas superficies (sin identificar) de una categoría de uso de la tierra declaradas dentro de otra categoría. Estas pequeñas superficies pueden ser declaradas dentro del uso de la tierra mapeado cuando permanecen en la misma categoría. Si se convierten a otra categoría de uso de la tierra (por ejemplo, una pequeña superficie de tierras forestales que cambia de uso, se identifica dentro de la superficie mapeada anteriormente como tierras de cultivo) y esto se identifica (por ejemplo, para una aplicación con permiso para desarrollar una actividad) entonces, estas tierras deben declararse dentro de la conversión del uso de la tierra apropiado (por ejemplo, Tierras forestales que se convierte en tierra para otro uso específico) y restadas de la zona (que queda) del uso de la tierra original (previamente mal clasificado).

Las categorías del uso de la tierra para la declaración del inventario de gases de efecto invernadero son:

(i) Tierras forestales

¹ Se refiere a la Convención de Ramsar sobre Humedales. Dicha convención, firmada en Ramsar, Irán, en 1971, es un tratado intergubernamental que proporciona el marco para la cooperación entre la acción nacional e internacional, para el conservación y el uso correcto de los humedales y sus recursos.

Esta categoría incluye toda la tierra con vegetación boscosa coherente con los umbrales utilizados para definir las tierras forestales en el inventario nacional de gases de efecto invernadero. También incluye los sistemas con una estructura de vegetación que actualmente se encuentra por debajo, pero que potencialmente podría alcanzar *in situ* los valores umbrales utilizados por un país para definir la categoría de tierras forestales.

(ii) Tierras de cultivo

Esta categoría incluye la tierra cultivada, incluidos los arrozales y los sistemas de agro-silvicultura donde la estructura de la vegetación se encuentra por debajo de los umbrales utilizados para la categoría de tierras forestales.

(iii) Pastizales

Esta categoría incluye las tierras de pastoreo y los pastizales que no se consideran tierras de cultivo. Incluye también los sistemas con vegetación boscosa y otra vegetación no herbórea, como las hierbas y la maleza que están por debajo de los valores umbrales utilizados en la categoría de tierras forestales. La categoría también incluye todos los pastizales, desde las tierras sin cultivar hasta las zonas de recreo, así como los sistemas silvo-pastoriles, coherentes con las definiciones nacionales.

(iv) Humedales

Esta categoría incluye las zonas de extracción de turba y la tierra que está cubierta o saturada de agua durante todo el año o durante parte de éste (por ejemplo, las turberas) y que no está dentro de las categorías de tierras forestales, tierras de cultivo, pastizal o asentamientos. Incluye los reservorios como subdivisión gestionada y los ríos naturales y los lagos como subdivisiones no gestionadas.

(v) Asentamientos

Esta categoría incluye toda la tierra desarrollada, incluidas las infraestructuras de transporte y los asentamientos humanos de cualquier tamaño, a menos que ya estén incluidos en otras categorías. Esto debe ser coherente con las definiciones nacionales.

(vi) Otras tierras

Esta categoría incluye el suelo desnudo, roca, hielo y todas aquellas zonas que no estén incluidas en ninguna de las otras cinco categorías. Permite que el total de las superficies de tierra identificadas coincida con la superficie nacional de la que se tienen datos. Si hay datos disponibles, se aconseja que los países clasifiquen las tierras no gestionadas dentro de las categorías de uso de la tierra descritas anteriormente (por ejemplo, dentro de las Tierras forestales no gestionadas, los pastizales no gestionados, y los humedales no gestionados). Esto mejora tanto la transparencia como la capacidad para realizar el seguimiento de las conversiones del uso de la tierra de determinados tipos específicos de tierras no gestionadas en otros tipos que se encuentren dentro de las categorías anteriores.

CONVERSIONES DEL USO DE LA TIERRA

La aplicación total de la orientación requiere estimar las conversiones del uso de la tierra que se producen entre los intervalos de recopilación de datos, particularmente cuando las diferentes estimaciones de las existencias de carbono y los diferentes factores de emisiones y absorciones están asociados con las tierras antes y después de la transición. A continuación, se indican los usos de la tierra y las conversiones del uso de la tierra aplicables:

FF	=	Tierras forestales que permanecen como tales (FF, del inglés <i>Forest Land remaining Forest Land</i>)	LF	=	Tierras convertidas en tierras forestales (LF, del inglés <i>Land converted to Forest Land</i>)
GG	=	Pastizales que permanecen como tales (GG, del inglés <i>Grassland remaining Grassland</i>)	LG	=	Tierras convertidas en pastizales (LG, del inglés <i>Land converted to Grassland</i>)
CC	=	Tierras de cultivo que permanecen como tales (CC, del inglés <i>Cropland remaining Cropland</i>)	LC	=	Tierras convertidas en Tierras de cultivo (LC, del inglés <i>Land converted to Cropland</i>)
WW	=	Humedales que permanecen como tales (WW, del inglés <i>Wetlands remaining Wetlands</i>)	LW	=	Tierras convertidas en humedales (LW, del inglés <i>Land converted to Wetlands</i>)
SS	=	Asentamientos que permanecen como tales (SS, del inglés <i>Settlements remaining Settlements</i>)	LS	=	Tierras convertidas en asentamientos (LS, del inglés <i>Land converted to Settlements</i>)
OO	=	Otras tierras que permanecen como tales (OO, del inglés <i>Other Land remaining Other Land</i>)	LO	=	Tierras convertidas en otras tierras (LO, del inglés <i>Land converted to Other Land</i>)

Los países pueden especificar la conversión del uso de la tierra, siempre que existan datos detallados sobre el origen de la tierra convertida a una categoría (los cuales dependen del método que tenga el país para representar las zonas de uso de la tierra). Por ejemplo, LC puede subdividirse en tierras forestales convertidas a tierras de cultivo (FC) y pastizal convertido a tierras de cultivo (GC). Aunque las dos superficies de tierra se incluyen en la categoría de Tierras de cultivo, deben representarse y declararse debido a su origen siempre que sea posible las

diferencias en las emisiones y absorciones de los gases de efecto invernadero. Cuando se aplican estas conversiones de categorías de uso de la tierra, los países deben clasificar la tierra dentro de una sola categoría para evitar el cómputo doble. La categoría de declaración es, por tanto, la categoría de uso final, no la categoría original anterior a la conversión del uso de la tierra.

Si un sistema nacional de clasificación del uso de la tierra no coincide con las categorías (i) a (vi) descritas anteriormente, las clasificaciones del uso de la tierra deben combinarse o desagregarse, para representar las categorías que aquí se presentan. Los países deben declarar el procedimiento adoptado para la reasignación. Deben especificarse las definiciones nacionales de todas las categorías utilizadas en el inventario y en cualquier valor o parámetro umbral utilizado en las definiciones. Cuando se cambien o se desarrollen por primera vez los sistemas nacionales de clasificación de tierras, debe buscarse la compatibilidad con las clases de uso de la tierra (i) a (vi) anteriores.

Las categorías generales de uso de la tierra listadas anteriormente pueden estratificarse más (como se describe en la sección 3.3.2) según el clima o la zona ecológica, el suelo, el tipo de vegetación, etc., según sea necesario, para ajustar las superficies de tierra a los métodos para evaluar los cambios en las existencias de carbono y las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero descritos en el Capítulo 2 y en los Capítulos 4 al 9 de este Volumen. Los modelos por defecto de clasificación del suelo y el clima se proporcionan en el Anexo 3A.5. Los ejemplos de estratificaciones utilizados para la estimación de las emisiones y absorciones de Nivel 1 se resumen en el Cuadro 3.1. Los sistemas de estratificación específicos varían según el uso de la tierra y los depósitos de carbono, y se utilizan en los métodos de estimación más adelante en este Volumen. La orientación sobre la estratificación de las zonas de uso de la tierra para que se ajusten a los datos necesarios para estimar las emisiones y absorciones se proporciona en la Sección 3.3.2. de este capítulo.

CUADRO 3.1 ESTRATIFICACIONES DE EJEMPLO CON DATOS COMPLEMENTARIOS PARA LOS MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE NIVEL 1	
Factor	Estrato
CLIMA (véase el Anexo 3A.5)	Boreal Templado frío seco Templado frío lluvioso Templado cálido seco Templado cálido húmedo Tropical seco Tropical húmedo Tropical lluvioso
SUELO (véase el Anexo 3A.5)	Arcilla de alta actividad Arcilla de baja actividad Arenoso Espódico Volcánico Humedal Orgánico
BIOMASA (ZONA ECOLÓGICA) (véase la Figura 4.1, en el Capítulo 4 Tierras forestales)	Selva tropical Bosque deciduo húmedo tropical Bosque seco tropical Superficie tropical cubierta de arbustos Desierto tropical Sistemas montañosos tropicales Bosque húmedo subtropical Bosque seco subtropical Estepa subtropical Desierto subtropical Sistemas montañosos subtropicales Bosque oceánico templado Bosque continental templado Estepa templada Desierto templado Sistemas montañosos templados Bosque de coníferas boreal Tundra arbolada boreal Sistemas montañosos boreales Polar
PRÁCTICAS DE GESTIÓN (puede aplicarse más de una en la misma superficie de tierra)	Labores de cultivo intensivas/reducidas/sin labores de cultivo Cultivado a largo plazo Cultivo de árboles perennes Encalado Sistemas de cultivo de alta/baja/media entrada Pastizales mejorados Pastizales sin tratar

3.3 REPRESENTACIÓN DE LAS SUPERFICIES DE USO DE LA TIERRA

Esta sección describe tres Métodos que pueden utilizarse para representar superficies de uso de la tierra utilizando las categorías definidas en la sección anterior. Se representan a continuación, según el contenido de información creciente. El método 1 identifica el cambio total de superficie por cada categoría individual de uso de la tierra dentro de un país, pero no proporciona información sobre la naturaleza y la superficie de las conversiones entre los usos de la tierra. El Método 2 presenta el seguimiento de las conversiones entre las categorías de uso de la tierra (pero no es explícito en el espacio). El método 3 amplía la información disponible en el método 2 lo que permite que las conversiones del uso de la tierra sean seguidas sobre una base explícita en el espacio.

Los métodos no se presentan siguiendo un nivel jerárquico y no implican ningún incremento ni descenso en la exactitud, sino que reflejan diferentes métodos de recopilación y atributos y, por lo tanto, todos ellos son caminos adecuados para utilizar los datos. La exactitud depende mucho más de la calidad en la aplicación del Método que del Método en sí mismo. Los Métodos no son mutuamente excluibles, y la mezcla de los métodos seleccionados por un país debe reflejar la estimación de las emisiones y sus circunstancias. Un método puede aplicarse de manera uniforme a todas las superficies y categorías de uso de la tierra de un país, o también pueden aplicarse métodos distintos a regiones o categorías diferentes o en distintos intervalos de tiempo. En todos los casos, los países deben caracterizar y contabilizar todas las superficies de tierra pertinentes de manera tan coherente y transparente como sea posible.

Los datos deben reflejar las tendencias históricas de la zona de uso de la tierra, según se necesite para los métodos de inventario descritos en los Capítulos 2 y 4 a 9 de este Volumen. El punto de partida de los datos históricos necesarios se basa en la cantidad de tiempo necesario para que la materia orgánica muerta y las existencias de carbono del suelo alcancen el equilibrio después de una conversión del uso de la tierra (por defecto, se recomienda que transcurran 20 años, pero pueden ser más; por ejemplo, para sistemas templados y boreales). Una vez transcurrido el periodo para alcanzar el equilibrio, es preciso que la tierra que se añadió a una categoría de conversión del uso de la tierra sea transferida a una de «tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra». Los datos de la serie temporal de la conversión del uso de la tierra son, por tanto, utilizados también para determinar la transferencia anual de superficie de la categoría «tierra convertida a categoría» y la de «tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra».

SERIE TEMPORAL

El inventario requiere que los datos de una zona de uso de la tierra sean de, al menos, dos momentos distintos pertinentes para el año del inventario. Para el Método 1 (identificación sólo del cambio neto de la superficie nacional de cada categoría de uso de la tierra, pero no entre ellas), el uso histórico de la tierra puede que no se conozca aún. En tales circunstancias, los países deben, bien deducir el uso anterior de la tierra (véase la Sección 3.3.2.2 más adelante) o bien suponer que la tierra ha permanecido en la categoría de uso todo el tiempo anterior a la conversión del uso de la tierra. Esta hipótesis puede subestimar las absorciones donde predominen las conversiones a usos de la tierra con mayores contenidos de carbono, o subestimar las emisiones en el caso contrario.

Es importante que haya una serie temporal coherente en la preparación de la categoría de uso de la tierra y en los datos de conversión, de forma que los efectos del cambio de método no se incluyan como conversión real del uso de la tierra. Debe tenerse cuidado asimismo de asegurar que las superficies de tierra gestionadas y no gestionadas estén definidas y que se han estimado de forma coherente. En la sección siguiente se describe cómo deben tratarse los cambios en las superficies de tierra gestionadas (y, como consecuencia de esto, los cambios en las existencias de carbono) cuando se utilizan métodos de cambio de existencias para la estimación de las emisiones.

USO COHERENTE DE LA SUPERFICIE DE TIERRA EN LAS ESTIMACIONES DE LAS EXISTENCIAS DE CARBONO

A lo largo de la serie temporal de un inventario nacional, es posible que la superficie total de tierras gestionadas aumente a medida que las tierras no gestionadas se conviertan en tierras gestionadas. En este caso, cuando la superficie de tierra se utilice para estimar las existencias de carbono (utilizando un método de diferencia de existencias para la estimación de emisiones), es posible que la incorporación de tierra adicional al inventario (al cambiar del estado no gestionado al gestionado) se traduzca, incorrectamente, en un aumento de las existencias de carbono. Podría interpretarse erróneamente como una absorción de la atmósfera, cuando en realidad es sólo un aumento debido a la ampliación de la zona de uso de la tierra sobre la serie temporal del inventario. Para separar los incrementos en las existencias de carbono, debido a los cambios de la zona, de aquellos otros cambios reales, deben recalcularse las estimaciones de las existencias de carbono para la toda la superficie de la serie temporal del inventario, cada vez que la superficie total de tierra gestionada cambie en un inventario anual.

La superficie máxima de tierra (y las existencias de carbono asociadas) en cualquier punto y a lo largo de la serie temporal del inventario, debe utilizarse como base para la estimación de las emisiones y absorciones. Puede suponerse que permanecen constantes las emisiones de carbono de las tierras no gestionadas (siendo por tanto nulos los cambios en las existencias de carbono) hasta el año en el que la tierra sea clasificada como de uso gestionado. El nuevo cálculo cambia, por tanto, la estimación inicial de las existencias de carbono del año en el que la tierra fue introducida en el inventario, pero no afectará la estimación del cambio de las existencias de carbono de la serie temporal del inventario hasta que la tierra pertinente llegue a estar gestionada.

DISPONIBILIDAD DE LOS DATOS

Para muchos países, aplicar estas directrices de inventario puede requerir una nueva recopilación de datos. El Anexo 3A.3 proporciona una orientación general sobre las técnicas de muestreo y el Anexo 3A.4 sobre los conjuntos de datos explícitos en el espacio (Método 3). Si los datos necesarios para aplicar estas directrices sobre los usos de la tierra no están disponibles a nivel nacional, los datos de las categorías de la tierra pueden obtenerse de los conjuntos de datos globales (se proporcionan ejemplos en el Anexo 3A.1, pero generalmente sólo declaran en base a la cubierta terrestre y al uso de la tierra). Es preferible que los datos utilizados sean capaces de proporcionar información de entrada para los cálculos de incertidumbres.

Cuando se utilizan los datos de uso de la tierra, los compiladores del inventario deben:

- Armonizar las definiciones entre las bases de datos independientes existentes y también con las categorías de uso de la tierra, para minimizar los vacíos y la superposición parcial. Por ejemplo, puede haber superposición parcial si se incluyera el arbolado de las granjas en el conjunto de datos de la agricultura y silvicultura. Para armonizar los datos, el arbolado debe contabilizarse sólo una vez en el inventario de gases de efecto invernadero, teniendo en cuenta la definición de bosque adoptada a nivel nacional. A fin de armonizar, los organismos encargados de realizar los sondeos deben tener a su disposición la información sobre la posible superposición parcial. La armonización de las definiciones no implica que los organismos deban abandonar sus propias definiciones de uso común, pero deben establecer la relación existente entre unas y otras, con objeto de eliminar el cómputo doble y las omisiones. Debe llevarse a cabo para todo el conjunto de datos, para mantener la coherencia de la serie temporal.
- Garantizar que las categorías de uso de la tierra empleadas identifiquen todas las actividades pertinentes. Por ejemplo, si un país necesita realizar el seguimiento de una categoría de uso de la tierra gestionada, tal como las tierras forestales, entonces el sistema de clasificación debe distinguir entre tierras forestales gestionadas y no gestionadas.
- Asegurarse de que los métodos de adquisición de datos sean fiables, estén metodológicamente bien documentados, sean oportunos, de la escala adecuada y provengan de fuentes fiables.
- Garantizar la aplicación coherente de las definiciones de las categorías entre los diferentes periodos. Por ejemplo, los países deben comprobar si ha cambiado la definición de bosque a través del tiempo, en lo que se refiere a la cubierta forestal de árboles u otros parámetros. Si se detectan cambios, utilizar los datos corregidos para volver a hacer los cálculos de manera coherente a lo largo de la serie temporal, y declare las acciones llevadas a cabo. El Capítulo 5 del Volumen 1 contiene orientaciones para volver a hacer los cálculos.
- Preparar las estimaciones de incertidumbre para aquellas superficies de uso de la tierra y conversiones de la superficie que serán utilizadas en la estimación de los cambios en las existencias de carbono y en las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero.
- Asegurar que la superficie de tierra nacional sea coherente a lo largo de la serie temporal del inventario; si no es así, al aplicar un método de estimación de emisiones basado en el cambio de existencias de carbono, los cambios en las existencias reflejarán aumentos o descensos falsos debido al cambio en la superficie de tierra total contabilizada.
- Evaluar si la suma de las superficies de las bases de datos de clasificación de la tierra es coherente con la superficie total nacional, dado el nivel de incertidumbre de los datos. Si la cobertura es total, la suma neta de los cambios en la superficie de tierra entre dos periodos debe ser cero dentro de la incertidumbre asociada. En los casos en los que la cobertura no es total, la diferencia entre la superficie cubierta y la superficie nacional debe ser, en general, estable o variar lentamente con el tiempo, de nuevo, dentro de las incertidumbres esperadas de los datos. Si el balance de términos varía rápidamente, o (en el caso de cobertura total) las sumas no son iguales, los compiladores del inventario deben investigarlo, explicarlo y realizar las correcciones necesarias. Estas comprobaciones de la superficie total deben tener en cuenta las incertidumbres de los sondeos o los censos anuales o periódicos asociados. La información sobre las incertidumbres deben obtenerse de las organizaciones encargadas de realizar los sondeos. Las diferencias entre la suma de las superficies contabilizadas según los datos disponibles y la superficie nacional debe estar dentro de la incertidumbre esperada en la estimación de la superficie.

Para algunas actividades declaradas, tales como la aplicación de fertilizante de nitrógeno, el encalado y los productos de madera recolectada, pueden estar disponibles sólo los datos acumulados a nivel nacional. Estos datos pueden utilizarse, sin la categorización según el uso de la tierra, cuando se aplican métodos a nivel nacional de estimación de las emisiones y absorciones.

3.3.1 Tres Métodos

MÉTODO 1: SUPERFICIE TOTAL DEL USO DE LA TIERRA, NO EXISTEN DATOS DE LAS CONVERSIONES ENTRE LOS USOS DE LA TIERRA

El Método 1 representa los totales de la superficie de uso de la tierra de una unidad espacial determinada, la cual a menudo se define por fronteras políticas, como un país, provincia o municipio. Otra característica de los datos del Método 1 es que sólo puede realizarse el seguimiento a través del tiempo de los cambios netos en la superficie de uso de la tierra. En consecuencia, no se conoce la ubicación exacta o el patrón de usos de la tierra dentro de la unidad espacial y, además, no pueden determinarse los cambios exactos en las categorías de uso de la tierra. Es probable que los conjuntos de datos hayan sido elaborados con otros fines, tales como las estadísticas agrícolas o de silvicultura. Con frecuencia, se combinan varios conjuntos de datos para cubrir todas las clasificaciones de la tierra a nivel nacional y todas las regiones de un país. En este caso, la ausencia de un sistema de datos unificado puede conducir al cómputo doble o a la omisión, ya que los organismos encargados pueden utilizar definiciones distintas del uso de la tierra concreto en la elaboración de sus bases de datos. A continuación, se sugieren algunas formas de abordar esta cuestión.

Los Cuadros 3.2 y 3.3 muestran un resumen de los datos de la superficie de uso de la tierra para un país hipotético (con una superficie de tierra nacional de 140 millones de hectáreas) que utiliza clasificaciones de tierra pertinentes a nivel local. El Cuadro 3.2 está elaborado al nivel de las categorías generales de uso de la tierra. El Cuadro 3.3 representa la misma información con ejemplo de las estratificaciones para estimar el efecto de varias actividades que utilizan los métodos de estimación de las emisiones descritos en otra sección de este Volumen.

La determinación de la superficie de la conversión del uso de la tierra en cada categoría se basa en la diferencia en la superficie en dos momentos diferentes, con cobertura total o parcial de la superficie de tierra. Es posible que bajo el Método 1 no se especifiquen las conversiones entre categorías (esto es, «tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra» y «tierra convertida a una nueva categoría de uso de la tierra»), a menos que estén disponibles datos adicionales (que introducirían una mezcla con el Método 2).

Los datos de la superficie de uso de la tierra pueden provenir originalmente de los datos de un sondeo periódico de muestras, de mapas o censos (tales como los sondeos de los propietarios de la tierra), pero no serán probablemente explícitos en el espacio. La suma de todas las superficies de las categorías de uso de la tierra puede o no ser igual a la superficie total del país o región que se esté considerando, y el resultado neto de las conversiones del uso de la tierra puede o no ser igual a cero, según la coherencia en la recopilación de los datos y la aplicación de los inventarios en cada categoría de uso de la tierra. El resultado final de este Método es un cuadro del uso de la tierra en momentos determinados. Dado que la base de tierra total que se declara cada año para todas las categorías de uso de la tierra debe permanecer constante, debe generarse un cuadro parecido al Cuadro 3.3 como medida de garantía de calidad/control de calidad (GC/CC). Si se encuentran incoherencias, una *buena práctica* es identificar y corregir el(los) problema(s) para futuros inventarios. Esto puede requerir una coordinación más estrecha entre los equipos de inventario para separar las categorías de uso de la tierra (si se analizan por separado) o posiblemente realizar nuevos sondeos u otro tipo de recopilación de datos.

Otras partes de este Volumen requieren que la información de la superficie de tierra de cada categoría de uso de la tierra que aparece en el Cuadro 3.3 se desglose en las categorías de «tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra» y de «tierra convertida a una nueva categoría de uso de la tierra». Ello depende de los requisitos metodológicos de otros capítulos de este Volumen. Si los datos de uso de la tierra no son suficientes para aplicar el Método 2 (véase más adelante), en el que es posible cuantificar las superficies totales (brutas) de conversión de la tierra, puede las emisiones y absorciones de la «tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra» (según se especifica en el Cuadro 3.2). Esto se debe a que quizá sólo se dispone de datos que permitan identificar el cambio neto de la superficie de cada categoría de uso de la tierra, y no el efecto total de todas las conversiones del uso de la tierra. Sin embargo, en general, los métodos para la estimación de las emisiones relacionadas con el suelo y la biomasa requieren que los datos de la superficie de la tierra estén divididos en categorías de «tierras que permanecen» y en categorías de «tierras convertidas a»; de modo que es conveniente -si es posible- realizar esta clasificación, aunque esta se lleve a cabo utilizando un dictamen de expertos.

Obsérvese que declarando sólo la categoría de «tierras que permanecen», las emisiones y absorciones incluirán, pero no reflejarán explícitamente un cambio en la base de la tierra dentro de una categoría de uso de la tierra (superficies diferentes, por ejemplo, por la transición neta de las superficies hacia la categoría de Tierras forestales y desde ella) a través del tiempo. Esto puede sobreestimar o subestimar las emisiones para la categoría

de «tierra que permanece igual» en particular. Un inventario completo, sin embargo, tendería a contrarrestar esto con las emisiones y absorciones de otra categoría del inventario de «tierra que permanece igual».

Es aceptable declarar una emisión de no CO₂ por categoría de fuente sin atribuirla a los usos de la tierra, siempre que las emisiones se estimen basándose en estadísticas nacionales, sin referencia a usos individuales de la tierra (por ejemplo, las emisiones de N₂O del suelo). Con frecuencia, los métodos descritos en este Volumen estiman las emisiones de esta manera por medio de estadísticas nacionales.

CUADRO 3.2 EJEMPLO DEL MÉTODO 1: DATOS DISPONIBLES DEL USO DE LA TIERRA CON COBERTURA NACIONAL TOTAL		
Momento 1	Momento 2	Conversión del uso de la tierra neto entre el Momento 1 y el Momento 2
F = 18	F = 19	Tierras forestales = +1
G = 84	G = 82	Pastizales = -2
C = 31	C = 29	Tierras de cultivo = -2
W = 0	W = 0	Humedales = 0
S = 5	S = 8	Asentamientos = +3
O = 2	O = 2	Otras tierras = 0
Suma = 140	Suma = 140	Suma = 0
Nota: F = Tierras forestales, G = Pastizales, C = Tierras de cultivo, W = Humedales, S = Asentamientos, O = Otras tierras. Los números están expresados en unidades de superficie (Mhá en este ejemplo).		

CUADRO 3.3
EJEMPLO ILUSTRATIVO DE LA ESTRATIFICACIÓN DE LOS DATOS PARA EL MÉTODO 1

Categoría de uso de la tierra/ estratos	Superficie de tierra inicial (millones de ha)	Superficie de tierra final (millones de ha)	Cambio neto en la superficie (millones de ha)	Estado
Tierras forestales totales	18	19	1	
Tierras forestales (no gestionadas)	5	5	0	No incluidas en las estimaciones del inventario
Tierras forestales (bosque continental templado convertido a otra categoría de uso de la tierra)	7	8	1	Las estimaciones deben elaborarse sobre 8 millones de ha
Tierras forestales (bosque de coníferas boreal)	6	6	0	No hay conversión del uso de la tierra Puede requerir la estratificación para los diferentes regímenes de gestión, etc.
Pastizales totales	84	82	-2	
Pastizales (sin tratar)	65	63	-2	La disminución de la superficie indica conversión del uso de la tierra. Puede requerir la estratificación para los diferentes regímenes de gestión, etc.
Pastizales (tratados)	19	19	0	No hay conversión del uso de la tierra Puede requerir la estratificación para los diferentes regímenes de gestión, etc.
Tierras de cultivo totales	31	29	-2	La disminución de la superficie indica conversión del uso de la tierra. Puede requerir la estratificación para los diferentes regímenes de gestión, etc.
Humedales totales	0	0	0	
Asentamientos totales	5	8	3	
Total de Otras tierras	2	2	0	No gestionadas – no se estiman en el inventario
TOTAL	140	140	0	Nota: Las superficies deben coincidir
Nota: «Inicial» es la categoría en el momento anterior a la fecha en la que se ha realizado la evaluación, y «Final» es la categoría en la fecha de la evaluación. Las actividades para las cuales no existen datos disponibles de ubicación, deben identificarse mediante subcategorización posterior de la categoría de la tierra apropiada.				

MÉTODO 2: SUPERFICIE DE LA TIERRA TOTAL INCLUYENDO LOS CAMBIOS ENTRE CATEGORÍAS

La característica esencial del Método 2 es que proporciona la evaluación de las pérdidas netas o ganancias en la superficie de las categorías específicas de uso de la tierra, y los que representan estas conversiones (esto es, tanto desde una categoría como hacia una categoría). De modo que, el Método 2 se diferencia del Método 1 en que incluye información sobre las conversiones entre las categorías, aunque sólo realiza un seguimiento de estos cambios sin proporcionar datos explícitos de ubicación en el espacio, basados a menudo en fronteras políticas (es decir, no se conocen las ubicaciones del uso específico de la tierra ni de las conversiones del uso de la tierra). El seguimiento de esta forma de las conversiones del uso de la tierra requiere normalmente estimar las categorías iniciales y finales del uso de la tierra para todos los tipos de conversión, así como la superficie total de tierra que no ha cambiado en cada categoría. El resultado final de este Método puede representarse como una matriz de conversión no explícita en el espacio del uso de la tierra. La matriz tiene un formato compacto para representar las superficies que provienen de distintas conversiones de entre todas las categorías posibles de uso de la tierra. Puede que las bases de datos existentes contengan detalles suficientes para aplicar este método, o puede que sea necesario obtener datos a través de otros métodos o del muestreo. Los datos de entrada pueden o no haber sido explícitos en el espacio originalmente (es decir, haber sido mapeados o de otro modo referenciados geográficamente).

En el Método 2, pueden elegirse los factores de emisión y absorción para reflejar las diferencias en la tasa de cambios del carbono según las conversiones entre dos categorías cualesquiera, y pueden también tenerse en cuenta las diferencias en las existencias de carbono iniciales asociadas con los diferentes usos de la tierra. Por ejemplo, la tasa de pérdida de carbono orgánico del suelo será normalmente mucho más alta en las tierras de cultivo que en los pastizales.

El Método 2 se ilustra en el Cuadro 3.4 utilizando los datos del ejemplo del Método 1 (Cuadro 3.3) y añadiendo la información de todas las conversiones que se producen. Tales datos pueden escribirse en una matriz con una forma más compacta que se representa en el Cuadro 3.5. Para ilustrar el valor añadido del Método 2 y el formato de matriz de conversión del uso de la tierra, se muestran en el Cuadro 3.6 los datos del Cuadro 3.5, sin la estratificación de las categorías de uso de la tierra. Puede compararse esto con la información limitada del Método 1 que aparece en el Cuadro 3.2. En el Cuadro 3.6 puede realizarse el seguimiento de las conversiones hacia las categorías de la tierra y desde éstas, mientras que en el Cuadro 3.2 sólo se detectan los cambios netos de una categoría general de uso de la tierra.

En los Cuadros 3.5 y 3.6, la superficie que aparece en las celdas diagonales representa la superficie de cada categoría de uso de la tierra que no se veía afectada por la conversión del uso de la tierra en este año de inventario. Para elaborar posteriormente las estimaciones de las emisiones y absorciones de los gases de efecto invernadero descritas en este Volumen, debe subdividirse a su vez esta superficie en la superficie que permaneció en la misma categoría de uso de la tierra, y en la superficie que se ha visto afectada por la conversión del uso de la tierra (es decir, la tierra convertida a una categoría de uso distinta) en los Y años anteriores (donde Y es el periodo de tiempo durante el cual se espera que los depósitos C hayan alcanzado el equilibrio (el periodo por defecto del IPCC es de 20 años, basado en el periodo típico para que los depósitos C del suelo alcancen el equilibrio después de la conversión del uso de la tierra)).

Por lo tanto, bajo la hipótesis por defecto para cada año de inventario, la superficie convertida a una categoría de uso de la tierra debe añadirse a la categoría de «tierra convertida a», y eliminarse de la tierra que permanece en la categoría de uso de la tierra. La superficie de tierra que pasó a la categoría de «tierra convertida a» hace 21 años (si empleamos es periodo por defecto de 20 años) debe eliminarse y añadirse a la categoría de «tierra que permanece como tal». Por ejemplo, en el Cuadro 3.5, si los datos indican que cuatro de los 56 Mh² de la categoría Pastizales han sido convertidas de las Tierras forestales hace 21 años, entonces en este inventario anual deben trasladarse cuatro a.m. de la categoría *Tierras convertidas en pastizales* a la categoría *Pastizales que permanecen como tales*.

MÉTODO 3: DATOS DE CONVERSIÓN DEL USO DE LA TIERRA EXPLÍCITOS EN EL ESPACIO

El Método 3 se caracteriza por las observaciones explícitas en el espacio de las categorías de uso de la tierra y de las conversiones del uso de la tierra, a menudo realizando el seguimiento de patrones en ubicaciones en un punto específico y/o empleando mapas cuadriculados, como los que se obtienen de las imágenes por detección remota. Los datos pueden obtenerse mediante muestreos varios, técnicas de mapeo detallado o una combinación de los dos métodos. En el Anexo 3A.4 se proporciona una visión general de los posibles métodos para desarrollar conjuntos de datos para el Método 3.

Los datos del Método 3 pueden resumirse en cuadros similares a los Cuadros 3.5 y 3.6. La ventaja principal de los datos explícitos en el espacio es que pueden utilizarse las herramientas de análisis como los Sistemas Geográficos de Información para enlazar numerosos conjuntos de datos explícitos en el espacio (como los utilizados para la estratificación), y describir en detalle las condiciones de un terreno en particular antes y después de una conversión del uso de la tierra. Esta capacidad analítica puede mejorar las estimaciones de las emisiones al alinear mejor las categorías de uso de la tierra (y las conversiones) con los estratos mapeados para la clasificación de las existencias de carbono y los factores de emisión por tipo de suelo y tipo de vegetación. Esto puede ser particularmente aplicable a la metodología de estimación de las emisiones de Nivel 3. Deben considerarse, sin embargo, aspectos como la compatibilidad y que las resoluciones espaciales sean comparables con los problemas de lograr resoluciones espaciales compatibles y comparables.

3.3.2 Utilización de los datos

La Figura 3.1 es un árbol de decisiones para ayudar en la descripción y/o en la obtención de los datos de las superficies de uso de la tierra. Los tres Métodos pueden, si se implementan adecuada y coherentemente, emplearse para elaborar estimaciones sólidas de las emisiones y absorciones de los gases de efecto invernadero. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el Método 1 quizá no detecte cambios en la biomasa, como los debidos al verdadero alcance de la deforestación y reforestación de superficies de tierra diferentes, sino sólo los debidos a la conversión neta de la superficie de la tierra desde el uso forestal al uso no forestal. En general, sólo el Método 3 permite la representación espacial necesaria como entrada para los modelos de carbono basados en la ubicación espacial.

Métodos diferentes pueden ser más efectivos en periodos de tiempo diferentes, o pueden ser necesarios para la generación de diferentes informes. Deben aplicarse métodos para hacer coincidir la serie temporal entre los diferentes periodos o usos.

CUADRO 3.4 EJEMPLO ILUSTRATIVO DE TABULACIÓN DE TODAS LAS CONVERSIONES DEL USO DE LA TIERRA PARA EL MÉTODO 2, INCLUYENDO LOS ESTRATOS DEFINIDOS A NIVEL NACIONAL			
Uso inicial de la tierra	Uso final de la tierra	Superficie de tierra, Mhá	Inclusiones / Exclusiones
Tierras forestales (no gestionadas)	Tierras forestales (no gestionadas)	5	Excluidas del inventario GEI
Tierras forestales (gestionadas, bosque continental templado)	Tierras forestales (gestionadas, bosque continental templado)	4	Incluidas en el inventario GEI
Tierras forestales (gestionadas, bosque continental templado)	Pastizales (sin tratar)	2	Incluidas en el inventario GEI
Tierras forestales (gestionadas, bosque continental templado)	Asentamientos	1	Incluidas en el inventario GEI
Tierras forestales (gestionadas, bosque de coníferas boreal)	Tierras forestales (gestionadas, bosque de coníferas boreal)	6	Incluidas en el inventario GEI
Pastizales (sin tratar)	Pastizales (sin tratar)	61	Incluidas en el inventario GEI
Pastizales (sin tratar)	Pastizales (tratados)	2	Incluidas en el inventario GEI
Pastizales (sin tratar)	Tierras forestales (gestionadas, bosque continental templado)	1	Incluidas en el inventario GEI
Pastizales (sin tratar)	Asentamientos	1	Incluidas en el inventario GEI
Pastizales (tratados)	Pastizales (tratados)	17	Incluidas en el inventario GEI
Pastizales (tratados)	Tierras forestales (gestionadas, bosque continental templado)	2	Incluidas en el inventario GEI
Tierras de cultivo	Tierras de cultivo	29	Incluidas en el inventario GEI
Tierras de cultivo	Tierras forestales (gestionadas, bosque continental templado)	1	Incluidas en el inventario GEI
Tierras de cultivo	Asentamientos	1	Incluidas en el inventario GEI
Humedales	Humedales	0	Incluidas en el inventario GEI
Asentamientos	Asentamientos	5	Incluidas en el inventario GEI
Otras tierras	Otras tierras	2	Excluidas del inventario GEI
TOTAL		140	
Nota: Los datos son la versión estratificada de los del Cuadro 3.3. Las subcategorías son definidas a nivel nacional y sólo se incluyen a efectos ilustrativos. “Inicial” es la categoría en el momento anterior a la fecha en la que se ha realizado la evaluación, y “Final” es la categoría en la fecha de la evaluación.			

CUADRO 3.5
EJEMPLO ILUSTRATIVO DE LOS DATOS DEL MÉTODO 2 EN UNA MATRIZ DE CONVERSIÓN DE USO DE LA TIERRA CON
ESTRATIFICACIÓN DE CATEGORÍAS

Inicial Final	Tierras forestales (no gestionadas)	Tierras forestales (gestionadas, bosque continental templado)	Tierras forestales (gestionadas, bosque de coníferas boreal)	Pastizales (sin tratar)	Pastizales (tratados)	Tierras de cultivo	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	Superficie final
Tierras forestales (no gestionadas)	5									5
Tierras forestales (gestionadas, bosque continental templado)		4		1	2	1				8
Tierras forestales (gestionadas, bosque de coníferas boreal)			6							6
Pastizales (sin tratar)		2		61						63
Pastizales (tratados)				2	17					19
Tierras de cultivo						29				29
Humedales							0			0
Asentamientos		1		1		1		5		8
Otras tierras									2	2
Superficie inicial	5	7	6	65	19	31	0	5	2	140
Cambio neto	0	1	0	-2	0	-2	0	+3	0	0

Nota: Los totales de las filas y las columnas muestran la conversión neta del uso de la tierra según se presenta en el Cuadro 3.3.) «Inicial» es la categoría en el momento anterior a la fecha en que se ha realizado la evaluación, y «Final» es la categoría en la fecha de la evaluación. Los cambios netos (fila inferior) son la superficie final menos la superficie inicial para cada una de las categorías (de conversión) mostradas en el encabezado de la columna correspondiente. Una entrada en blanco indica que no hay conversión del uso de la tierra para esta transición.

CUADRO 3.6							
MATRIZ SIMPLIFICADA DE CONVERSIÓN DEL USO DE LA TIERRA PARA EL EJEMPLO DEL MÉTODO 2							
Matriz de conversión del uso neto de la tierra							
Final \ Inicial	F	G	C	W	S	O	Suma final
F	15	3	1				19
G	2	80					82
C			29				29
W				0			0
S	1	1	1		5		8
O						2	2
Suma inicial	18	84	31	0	5	2	140

Nota:
F = Tierras forestales, G = Pastizales, C = Tierras de cultivo, W = Humedales, S = Asentamientos, O = Otras tierras.
Los números representan las unidades de superficie (Mh  en este ejemplo).

3.3.2.1 ESTRATIFICACIÓN DE LOS DATOS DE USO DE LA TIERRA

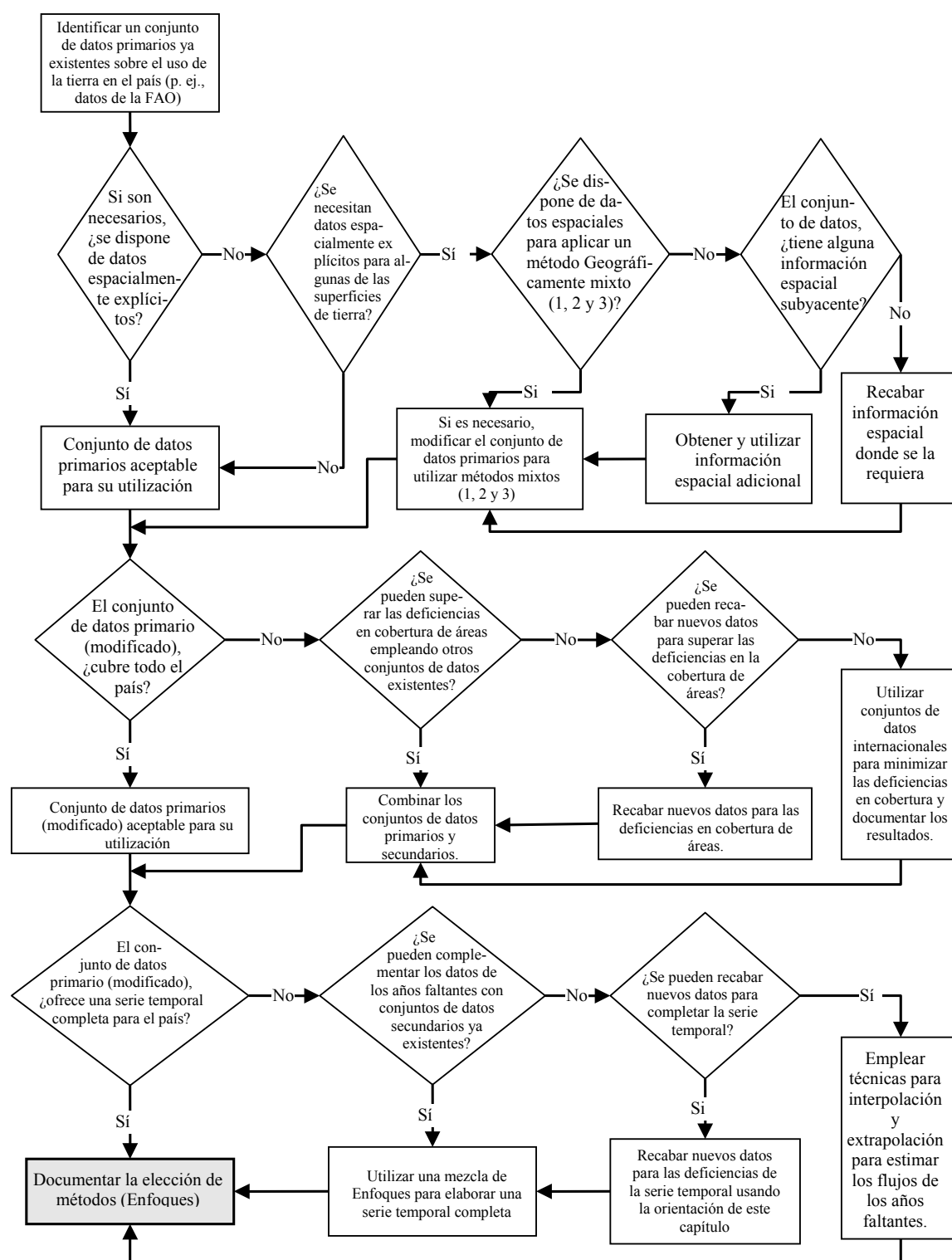
Una vez establecidos el uso de la tierra y la conversión del uso de la tierra, es necesario considerar la capacidad y la necesidad de una estratificación adicional. Puede ser necesaria para localizar datos pertinentes de capítulos posteriores, para factores de emisión, existencias de carbono, etc. El Cuadro 3.1 muestra las estratificaciones típicas para las que hay datos disponibles para la estimación de las emisiones y absorciones de Nivel 1. En los cuadros por defecto utilizadas para llenar las ecuaciones para calcular un inventario de Nivel 1, se han destacado las celdas de los datos específicos que representaban las estratificaciones predefinidas aplicadas a los inventarios de Nivel 1. Es decir, los datos por defecto de Nivel 1 (cuadros) se ajustan a una estratificación coherente, tanto que no hay cálculo posterior ni ambigüedad en la selección adecuada de los datos por defecto para completar las ecuaciones. Si los países elaboran inventarios de Nivel 2 y 3, donde es probable que los modelos de estratificación se diferencien según la información y selección específicas del país, puede ser necesario manipular o completar los datos por defecto.

A no ser que los datos de la superficie de uso de la tierra y de la estratificación sean explícitos en el espacio (Método 3), puede ser necesario el desarrollo de reglas para la asignación a los estratos. Por ejemplo, en el Método 1, para estimar los cambios en las existencias de carbono, se estratifican los datos según el clima y el tipo de suelo. En condiciones óptimas, se puede reducir la cantidad de datos de uso de la tierra para determinar la proporción de los usos de la tierra en cada clima o tipo de suelo, teniendo en cuenta la información auxiliar y el conocimiento de los expertos. Si esta reducción no es posible, todavía puede llevarse a cabo la estimación del inventario, pero las estimaciones de emisiones y absorciones deben reflejar las incertidumbres en la asignación de los factores de cambio de las emisiones/existencias (y los parámetros asociados) que varían según el clima y el suelo.

Es posible que sólo se disponga de datos de gestión empleando el formato del Método 1 (por ejemplo, si se considera el conocimiento de los expertos, los sondeos periódicos de diferentes grupos de terratenientes) incluso si hay datos disponibles para aplicar el Método 2 o 3 para las categorías disponibles de uso de la tierra. En este caso, puede reducirse la gestión en proporción a la práctica de gestión (por ejemplo, % no cultivado, cultivo intensivo y cultivo reducido) en cada categoría de uso de la «tierra que permanece igual» y de la «tierra convertida». Esto es una hipótesis limitante si las clases de gestión no están uniformemente distribuidas, puesto que el impacto de la gestión sobre las emisiones o absorciones depende de la categoría de uso de la tierra.

Los métodos de Nivel 2 y 3 pueden también evaluar las interacciones entre las prácticas de gestión que afectan los factores de cambio de las emisiones/existencias. La determinación de las combinaciones adecuadas de gestión es otra cuestión que necesita especial consideración. Habitualmente, los métodos de Nivel 1 no consideran las tendencias temporales de los factores de cambio de las emisiones/existencias (suponen que el cambio es lineal) ni tienen en cuenta las interacciones entre las prácticas de gestión de un uso específico de la tierra; sino que representan el efecto medio. En consecuencia, la asignación de los factores de cambio de existencias/emisiones puede ser más complicada con métodos de nivel superior y requiere una explicación más cuidadosa de los procesos de escalamiento que fueron empleados para delinear las combinaciones adecuadas de clima, suelo, zonas ecológicas y/o sistemas de gestión.

Figura 3.1 **Árbol de decisiones para la preparación de los datos de la superficie de uso de la tierra**



3.3.2.2 PREPARACIÓN DE LOS DATOS DE SUPERFICIE PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES Y ABSORCIONES

La preparación de un inventario de gases de efecto invernadero para AFOLU requiere la integración de los datos de la superficie de uso de la tierra con los datos de la gestión de la tierra y la biomasa, la materia orgánica muerta y los depósitos de las existencias de carbono del suelo, para estimar los cambios en las existencias de carbono y las emisiones y absorciones de CO₂ y de no CO₂ asociadas con el uso de la tierra. Según el tipo de datos disponibles (Método 1, 2 o 3), hay implicaciones para el uso posterior de los datos para la preparación de las estimaciones de las emisiones y absorciones, según el marco general de conversión del uso de la tierra representado en los cuadros de generación de informes.

Los países que tienen acceso sólo a los datos del Método 1 tienen dos opciones para declarar las conversiones de las categorías de uso de la tierra. Las superficies totales de las categorías de «tierra que permanece en un uso de la tierra» pueden incluir alguna porción de tierra que fue convertida a ese uso desde el último inventario. Los países deben, siempre que sea posible, repartir el cambio de las superficies de uso de la tierra a través del tiempo, en las categorías de conversión del uso de la tierra inferidas con el objeto de determinar las estimaciones adecuadas de las existencias de carbono y del factor de emisión. Por ejemplo, un país con 1 Mha de bosque, 1 000 ha de deforestación y 1 000 ha de forestación tiene un cambio neto de cero en la superficie de Tierras forestales (suponiendo que estos cambios se produjeron en tierra gestionada), pero tendrá una reducción en las existencias de C de la biomasa forestal, al menos hasta que vuelva a crecer lo suficiente. Será necesario que las decisiones posteriores contemplen estas supuestas conversiones de la superficie inferidas entre las categorías de uso de la tierra a la gestión de la tierra adecuada, la biomasa y las existencias de C del suelo y los factores de emisión. Luego, los países deben declarar la base para estas decisiones, y de cualquier método de verificación o verificación cruzada de las estimaciones que haya sido aplicado, y de los efectos en la incertidumbre del inventario. Si no se ha llevado a cabo este reparto, los países deben indicarlo, y declarar el efecto en las incertidumbres asociadas en caso de realizarlo.

Para los países que dispongan de datos del Método 2, si se tiene información de las superficies de cada conversión del uso de la tierra pero no es explícita en el espacio, aún es preciso vincular estas estimaciones de superficie con las existencias de carbono iniciales, factores de emisión apropiados, etc. En algunos casos, puede ser necesario asignar los datos de conversión del uso de la tierra al clima y/o al tipo de vegetación, suelo y de estratos de gestión. De nuevo, puede llevarse a cabo mediante alguna forma de muestreo, escalada o dictamen de expertos. Los países deben declarar la base para tomar estas decisiones, y cualquier método aplicado para verificación o verificación cruzada de estimaciones.

Para los países que utilicen los datos del Método 3, es posible distribuir las superficies de conversión del uso de la tierra en el espacio, cruzando los datos con otros conjuntos de datos espaciales, como el clima y/o el tipo de vegetación, el suelo y los estratos de gestión. No obstante, es probable que se necesite la deducción, por ejemplo, basada en los datos de sondeos y en los dictámenes de expertos, para distribuir la conversión del uso de la tierra y los datos biofísicos por prácticas de gestión, dado que los datos de estas prácticas raramente están disponibles en formatos explícitos en el espacio.

3.4 CORRESPONDENCIA DE LAS SUPERFICIES DE TIERRA CON LOS FACTORES PARA ESTIMAR LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO

Esta sección proporciona una breve orientación sobre la correspondencia de los datos de la superficie de uso de la tierra con las existencias de carbono, los factores de emisión y otros datos pertinentes (por ejemplo, las existencias de biomasa forestal, el incremento neto anual medio) para estimar las emisiones y absorciones de los gases de efecto invernadero. Un paso inicial en la elaboración de las estimaciones del inventario anual es la recopilación de los datos necesarios de la actividad (es decir, superficies de uso de la tierra) y hacerlas corresponder con las existencias apropiadas de carbono, los factores de emisión y absorción y otros datos pertinentes.

Este Volumen proporciona los datos por defecto (marcados específicamente) necesarios para hacer las estimaciones de Nivel 1 para todas las categorías AFOLU según el clima indicado y las estratificaciones de la zona ecológica. Además, los países pueden desarrollar la existencia de carbono específica del país, los factores de emisión y absorción y otros datos pertinentes (métodos de inventario de Niveles 2 y 3). Lo que viene a

continuación resume los principios a seguir cuando se quiere hacer corresponder los datos de la actividad con las existencias de carbono, los factores de emisión y absorción y otros datos pertinentes:

- hacer corresponder las clasificaciones nacionales de la superficie de uso de la tierra con tantas categorías de uso de la tierra como sea posible;
- si las clasificaciones nacionales de uso de la tierra no se ajustan a las categorías de uso de la tierra de estas directrices, documentar la relación entre los sistemas de clasificación;
- usar las clasificaciones de manera coherente a través del tiempo y, cuando sea necesario, documentar cualquier modificación realizada a los sistemas de clasificación;
- documentar las definiciones de las categorías de la tierra, las estimaciones del uso de la tierra y cómo se corresponden con los factores de emisión y absorción; y,
- hacer corresponder cada categoría o subcategoría de uso de la tierra con las estimaciones de carbono, factores de emisión y absorción y otros datos pertinentes más apropiados.

A continuación, se indican los pasos recomendados para hacer corresponder las superficies de tierra con los factores de emisión y absorción:

Comenzar con la estratificación de la superficie de uso de la tierra más desagregada, así como con los factores de emisión y absorción más detallados disponibles, necesarios para hacer una estimación. Por ejemplo, las metodologías de Tierras forestales, descritas en el Capítulo 4 de este Volumen, proporcionan un factor por defecto para las existencias de biomasa aérea en las plantaciones forestales que está desagregada en la estratificación más detallada, relativa a otros factores (como al tipo de bosque, la región, el grupo de especies, la clase de edad y el clima). Se utilizan estos estratos como base inicial de estratificación.

Incluir sólo aquellos estratos aplicables en su país y utilizarlos como base para la estratificación.

Haga corresponder las estimaciones del uso de la tierra con la estratificación base al nivel más desagregado posible. Puede que los países necesiten utilizar los dictámenes de los expertos para alinear las mejores estimaciones disponibles de la superficie de uso de la tierra con la estratificación base.

Trazar el mapa de los factores de emisión y absorción sobre la estratificación base haciéndolos corresponder lo máximo posible con las categorías de estratificación. Nótese que muchos de los cambios por defecto de las existencias y de los factores de emisión y otros parámetros de las ecuaciones de Nivel 1 (por defecto) fueron derivados estadísticamente para estratos definidos (por ejemplo, el tipo de clima, de suelo) de modo que los países que deseen utilizar los métodos de Nivel 1 para estas emisiones y absorciones deben estratificar las categorías de uso de la tierra utilizando definiciones como las especificadas para los factores de cambio de Nivel 1 y los parámetros.

Si una clasificación nacional de uso de la tierra encaja con las categorías de uso de la tierra (y subcategorías), facilita la correspondencia de los factores de emisión y absorción que siguen la misma clasificación. Por ejemplo, los factores de carbono del suelo para las tierras forestales, tierras de cultivo y pastizales están desagregados por las mismas regiones climáticas (véase el Anexo 3A.5). Por lo tanto, puede utilizarse la misma clasificación de la superficie de tierra para estimar los cambios de carbono en el suelo en cada categoría de uso de la tierra, lo que permite el seguimiento coherente de las tierras y flujos de carbono de las tierras resultante de las conversiones de categoría de uso de la tierra.

Los países pueden encontrar que las clasificaciones nacionales de la tierra cambian a través del tiempo a medida que cambian las circunstancias del país y que existen datos más detallados de la actividad y factores de emisión/absorción. En algunos casos, la estratificación se elabora con la incorporación de factores de emisión y absorción más detallados. En otros casos, se establecen nuevos sistemas de estratificación cuando los países instrumentan nuevos inventarios de bosques o nuevos sistemas de muestreo por detección remota. Si se producen cambios de la estratificación del sistema, los países deben recalcular la serie temporal completa de las estimaciones empleando una nueva estratificación si es posible.

3.5 INCERTIDUMBRES ASOCIADAS CON LOS MÉTODOS

Las incertidumbres deben ser cuantificadas y reducidas tanto como sea posible. Es necesario estimar la incertidumbre del uso de la tierra, al ser éste uno de los factores necesarios para el análisis de la incertidumbre total. Aunque la incertidumbre asociada con los Métodos (1 a 3) depende obviamente de lo bien que se lleven a cabo, es posible dar una indicación de lo que en la práctica puede conseguirse. El cuadro 3.7 establece las *fuentes* de incertidumbre (no su importancia) para los diferentes Métodos. Proporciona una guía de las fuentes de

incertidumbre, niveles indicativos de incertidumbre en ciertas condiciones que se pueden encontrar, y una base para reducir las incertidumbres.

La cantidad de posibles fuentes de incertidumbre en las estimaciones de superficie tiende a incrementarse desde el Método 1 al 3, puesto que se incorporan sucesivamente más datos a la evaluación. Sin embargo, esto no implica que se incremente la incertidumbre, dadas las pruebas cruzadas adicionales que son posibles gracias a los datos nuevos y por la reducción general en las incertidumbres debida a la cancelación de errores. La diferencia principal existente entre el Método 1 y el Método 2 y 3 es que los porcentajes de incertidumbres de la conversión entre usos de la tierra son probablemente mayores en el Método 1 (si se conocen). Ello es porque en el Método 1, las conversiones del uso de la tierra se derivan de las diferencias (cambio neto) de las superficies totales. El efecto de la incertidumbre del Método 1 sobre las emisiones y absorciones de las conversiones depende de la cantidad relativa de conversión de tierra en el país, como fracción de la superficie de tierra total. El Método 3 proporciona información detallada explícita en el espacio, que puede ser necesaria, por ejemplo, para algunos métodos de modelización para la estimación de las emisiones.

CUADRO 3.7
RESUMEN DE LAS INCERTIDUMBRES DE LOS MÉTODOS 1 A 3

	Fuentes de incertidumbre	Formas de reducir la incertidumbre	Incetidumbre indicativa siguiendo las
Método 1:	Las fuentes de incertidumbre pueden incluir algunas o todas las siguientes, según la naturaleza de la fuente de los datos: Error en los resultados de los censos Diferencias en la definición entre los organismos Diseño del muestreo Error de muestreo Interpretación de las muestras Sólo se conoce el cambio neto de la superficie Además: Las verificaciones cruzadas de los cambios de la superficie entre las categorías no pueden llevarse a cabo en el Método 1, lo que tiende a incrementar las incertidumbres.	• Comprobar que la relación con la superficie nacional sea coherente • Corregir las diferencias en las definiciones • Consultar a los organismos de estadísticas sobre las incertidumbres a considerar • Comparar con los conjuntos de datos internacionales	Desde algún punto porcentual hasta el 10 % del total de la superficie de tierra de cada categoría. El mayor porcentaje de incertidumbre es debido a los cambios en la superficie como resultado de los sucesivos sondeos. Los errores sistemáticos pueden ser significativos si los datos utilizados han sido elaborados para otros propósitos.
Método 2:	Igual que en el Método 1, salvo que se conocen los cambios en la superficie, con la posibilidad de realizar verificaciones cruzadas	Igual que para el método anterior, más la verificación de la coherencia entre los cambios entre categorías dentro de la matriz	Desde algún punto porcentual hasta el 10 % del total de la superficie de tierra de cada categoría, y mayor para los cambios de superficie, puesto que éstos se derivan directamente.
Método 3:	Igual que en el Método 2 más las incertidumbres relacionadas con la interpretación de los datos obtenidos por detección remota, y restando cualquier incertidumbre de muestreo	Igual que en el método 2 más el análisis formal de la incertidumbre utilizando los principios expuestos en el Capítulo 3 del Volumen 1	Igual que en el Método 2, salvo que las superficies consideradas pueden identificarse geográficamente. No obstante, en el Método 3, puede estimarse la incertidumbre más exactamente que en el Método 2 porque se mapean los errores y se puede comprobar con datos/verificación de campo.

Anexo 3A.1 ²Ejemplos de conjuntos de datos de la cubierta terrestre internacional

CUADRO 3A.1.1 EJEMPLOS DE CONJUNTOS DE DATOS DE LA CUBIERTA TERRESTRE INTERNACIONAL				
	(A)	(B)	(C)	(D)
Nombre del conjunto de datos	Cubierta terrestre a nivel mundial cada 4 minutos, por la Asociación Asiática para la Detección Remota (AARS, del inglés <i>Asian Association On Remote Sensing</i>)	Programa Internacional de la Geosfera–Biosfera – Datos y Servicios de Información (IGBP – DIS, del inglés <i>International Geosphere-Biosphere Program – Data & Information Services</i>). Conjunto de datos a nivel global cada 1 km de la cubierta terrestre	Conjunto de datos a nivel mundial de la cubierta terrestre	Conjunto de datos a nivel mundial de la cubierta terrestre
Autor	Centro para la Detección Remota Ambiental, Universidad de Chiba	IGBP/DIS	Sondeo Geológico de Estados Unidos (USGS, del inglés, <i>United States Geological Survey</i>), EE.UU.	Servicio de la Cubierta Terrestre a nivel Mundial (GLCF, del inglés <i>Global Land Cover Facility</i>)
Breve descripción de los contenidos	Las clases de cubierta terrestre se identifican a través de los datos mensuales del muestreo por conglomerados del Radiómetro Avanzado de Muy Alta Resolución (AVHRR, del inglés <i>Advanced Very High Resolution Radiometer</i>) de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, del inglés <i>National Oceanic & Atmospheric Administration</i>).	Esta clasificación se deriva de los datos tomados cada 1 km del AVHRR y de los datos auxiliares.	El conjunto de datos se deriva de una estructura de base de datos flexible y de los conceptos de regiones de cubierta terrestre estacional	La métrica que describe la dinámica temporal de la vegetación se aplicó a los datos PAL de 1984, con una resolución de 8 km, para obtener un producto de clasificación de la cubierta terrestre a nivel mundial empleando un clasificador de árbol de decisiones.
Modelo de clasificación	Se aplica el modelo de clasificación original. Compatible con el modelo de clasificación IGBP/DIS.	Está compuesto por 17 clases.	Se utiliza un método de convergencia de pruebas para determinar el tipo de cubierta terrestre de cada clase de cubierta terrestre estacional.	La clasificación se obtuvo ensayando varias métricas que describen la dinámica temporal de la vegetación en un ciclo anual.
Formato de los datos	Trama	Trama	Trama	Trama
Cobertura espacial	Mundial	Mundial	Mundial	Mundial
Año de adquisición de	1990	1992-1993	Abril de 1992 a marzo de 1993	1987

² Estas bases de datos son principalmente sobre la cubierta terrestre y/o el cambio de ésta. Poco se refiere al uso real de la tierra.

CUADRO 3A.1.1 (CONTINUACIÓN)
EJEMPLOS DE CONJUNTOS DE DATOS DE LA CUBIERTA TERRESTRE INTERNACIONAL

	(A)	(B)	(C)	(D)
Resolución espacial o	4min x 4min.	1km x 1km	1km x 1km	8km x 8km
Intervalo de revisión (para los conjuntos de	No aplicable	No aplicable	No aplicable	No aplicable
Descripción de la calidad	Los datos reales de la tierra se comparan con los conjuntos de datos.	Imágenes de alta resolución vía satélite utilizadas para validar estadísticamente el conjunto de datos.	Exactitud del punto de muestra: 59,4% . Exactitud ponderada de la superficie: 66,9% (Scepan, 1999).	No hay descripción
Dirección de contacto y URL de referencia	http://ceres.cr.chiba-u.ac.jp:8080/usr-dir/	http://www.ngdc.noaa.gov/paleo/	http://edcdaac.usgs.gov/glcc/	http://glcf.umiacs.umd.edu/

CUADRO 3A.1.1 (CONTINUACIÓN) EJEMPLOS DE CONJUNTOS DE DATOS DE LA CUBIERTA TERRESTRE INTERNACIONAL					
	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)
Modelo de clasificación	Mapa de 13 clases	Está compuesto por el mapa digital de 13 clases	Utiliza una nomenclatura de 44 clases	8 aspectos de la Agricultura / Extracción y 7 aspectos de la cubierta superficial	Véase: http://www.iscgm.org/
Formato de los datos (vector/trama)	Trama y vector	Trama	Trama	Polígonos vectoriales	Trama y vector

CUADRO 3A.1.1 (CONTINUACIÓN) EJEMPLOS DE CONJUNTOS DE DATOS DE LA CUBIERTA TERRESTRE INTERNACIONAL					
	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)
Año de adquisición de los datos	Varios	1987	Depende del país (el lapso de tiempo total va de 1985 a 1995 aproximadamente)	Basado en los ONCs del Organismo Cartográfico de Defensa de los Estados Unidos. Periodo de 1970-80. Véase la capa de fechas de Compilación.	Depende de los países participantes.
Resolución espacial o tamaño de la cuadrícula	Cuadrícula de 30m x 30m	1 x 1 grado	Base de datos con cuadrícula de 250m x 250m que ha sido elaborada a partir de los datos del vector original a escala 1:100 000.	Escala 1:1 000 000	Cuadrículas de 1km x 1km
Intervalo de revisión (para los conjuntos de datos de series temporales)	No aplicable	No aplicable	Proyecto de actualización CLC de 2000 para actualizar los datos de 1990	No aplicable	Intervalos de aproximadamente cinco años
Descripción de la calidad	No hay descripción	No hay descripción	No se dispone de información específica. Véase http://dataservice.eea.eu.int/dataservice/ ; para consultar la información del país.	La información de la calidad de los datos se encuentra en la base de datos en tres niveles: aspecto, capa y fuente.	Véase: http://www.iscgm.org/
Dirección de contacto y URL de referencia	http://www.mdafederal.com/geocover/project	http://www.geog.umd.edu/landcover/	dataservice@eea.eu.int http://www.terrestrial.eionet.eu.int/	http://www.esri.com/data/	sec@iscgm.org http://www.iscgm.org/

Anexo 3A.2 Desarrollo de las bases de datos de uso de la tierra

Hay tres fuentes generales de datos para elaborar las bases de datos de uso de la tierra necesarias para los inventarios de gases de efecto invernadero:

- bases de datos elaboradas para otros propósitos;
- recopilación por muestreo, e
- inventario completo de la tierra.

Las subsecciones siguientes proporcionan recomendaciones generales sobre el uso de estos tipos de datos. Los elaboradores del inventario de gases de efecto invernadero pueden no dedicarse a la recopilación detallada de los datos obtenidos por detección remota o en los datos del sondeo del suelo, pero pueden utilizar la orientación que aquí se proporciona para ayudar a mejorar el plan de inventario y comunicarse con los expertos en estas áreas.

3A.2.1 USO DE LOS DATOS ELABORADOS PARA OTROS PROPÓSITOS

Pueden emplearse dos tipos de bases de datos disponibles para clasificar la tierra. En muchos países, se dispone de conjuntos de datos nacionales del tipo que se analiza a continuación. En caso contrario, quienes compilan el inventario pueden utilizar los conjuntos de datos internacionales. A continuación, se describen ambos tipos de bases de datos.

BASES DE DATOS NACIONALES

Habitualmente, están basadas en datos existentes y actualizadas en forma anual o periódica. Las fuentes típicas de datos incluyen los inventarios forestales, el censo agrícola y otros sondeos; los censos de la tierra urbana y natural, los datos del registro de la tierra y los mapas.

BASES DE DATOS INTERNACIONALES

Han sido acometidos varios proyectos para desarrollar conjuntos de datos a nivel internacional del uso de la tierra y de la cubierta terrestre a escala desde regional hasta mundial (en el Anexo 3A.1 se enumeran algunos de estos conjuntos de datos). Casi todos se almacenan como datos de trama, generados empleando varios tipos de imágenes de detección remota vía satélite, completados con datos de referencia del suelo obtenidos con sondeos de campo o por comparación con los mapas o las estadísticas existentes. Estos conjuntos de datos se pueden usar para:

- Estimar la distribución espacial de las categorías de uso de la tierra. Los inventarios convencionales suelen proporcionar sólo la suma total de la superficie de uso de la tierra por clases. La distribución espacial puede reconstruirse utilizando datos internacionales del uso de la tierra y de la cubierta terrestre como datos auxiliares si no se dispone de datos nacionales.
- Evaluación de la fiabilidad de los conjuntos de datos del uso de la tierra existente. La comparación entre conjuntos independientes de datos nacionales e internacionales puede indicar discrepancias aparentes. Comprenderlo puede incrementar la confianza en los datos nacionales y/o mejorar la utilización de los datos internacionales, si se necesitan para propósitos como la extrapolación.
- Cuando se usen conjuntos de datos internacionales, los compiladores del inventario deben considerar lo siguiente:
 - (i) El modelo de clasificación (por ejemplo, la definición de las clases de uso de la tierra y sus relaciones) puede diferir de aquél que tiene el sistema nacional. Se necesita establecer la equivalencia entre los sistemas de clasificación utilizados por el país y los sistemas descritos en la Sección 3.2 (categorías de uso de la tierra), contactando con el organismo internacional y comparando sus definiciones con las utilizadas a nivel nacional.
 - (ii) La resolución espacial (típicamente de 1 km nominal, pero algunas veces de un orden más de magnitud en la práctica) puede ser gruesa, de modo que puede ser necesaria la agrupación de los datos para mejorar la comparabilidad.
 - (iii) Puede que la clasificación sea exacta y que se cometan errores en la georreferencia, aunque se realizan normalmente pruebas de exactitud en sitios de muestra. Los organismos responsables deben tener los detalles sobre los aspectos de la clasificación y las pruebas realizadas.

- (iv) Como ocurre con los datos nacionales, quizá sea necesario interpolar o extrapolar para desarrollar estimaciones para los lapsos de tiempo que se correspondan con las fechas requeridas para la declaración.

3A.2.2 RECOPIACIÓN DE NUEVOS DATOS MEDIANTE MÉTODOS DE MUESTREO

Las técnicas de muestreo para estimar las superficies y los cambios en las superficies se aplican en situaciones en las que los datos obtenidos por medición directa de campo o evaluaciones utilizando técnicas de detección remota no son verosímiles ni proporcionan resultados inexactos. Deben utilizarse conceptos de muestreo que tengan en cuenta los procedimientos de estimación, que sean coherentes e insesgados y que den como resultado estimaciones precisas.

El muestreo normalmente incluye un conjunto de unidades de muestreo que se sitúan sobre una cuadrícula dentro de la superficie del inventario. A cada unidad de muestreo, se le asigna después una clase de uso de la tierra. Las unidades de muestreo pueden utilizarse para obtener las proporciones de las categorías de uso de la tierra dentro de la superficie del inventario. Al multiplicar las proporciones por la superficie total se obtienen las estimaciones de la superficie de cada categoría de uso de la tierra. Si no se conoce la superficie total, se supone que cada unidad de muestreo representa una superficie específica. La superficie de la categoría de uso de la tierra puede, entonces, estimarse a través del número de unidades de muestreo que se encuentran dentro de esta categoría.

Si se repite consecutivamente el muestreo de las superficies, pueden obtenerse los cambios a través del tiempo y construirse matrices de conversión del uso de la tierra.

Aplicar un tipo de evaluación de la superficie basado en el muestreo permite calcular los errores de muestreo y los intervalos de confianza que cuantifican la fiabilidad de las estimaciones de la superficie en cada categoría. Los intervalos de confianza se utilizan para comprobar si los cambios de la superficie de la categoría observados son estadísticamente significativos y reflejan cambios significativos.

El Anexo 3A.3 proporciona más información sobre el muestreo.

3A.2.3 RECOPIACIÓN DE NUEVOS DATOS EN INVENTARIOS COMPLETOS

El inventario completo del uso de la tierra de toda la superficie de un país implica la obtención de mapas del uso de la tierra a lo largo de todo el país y a intervalos de tiempo regulares. Esto puede conseguirse empleando técnicas de detección remota. Como se describió en el Método 3, los datos podrán utilizarse más fácilmente si están basados en Sistemas de Información Geográfica (GIS), sobre un conjunto de celdas cuadriculadas o polígonos y apoyados por los datos reales del suelo necesarios para conseguir una interpretación insesgada. Los datos de escala más gruesa, pueden utilizarse para elaborar los datos del país en su conjunto o de las regiones apropiadas.

El inventario completo también puede obtenerse mediante los sondeos de todos los propietarios de las tierras; cada uno de ellos debe proporcionar los datos adecuados en el caso de que posean muchos terrenos diferentes. Los problemas inherentes de este método son la obtención de los datos a escalas inferiores al tamaño de la tierra del propietario y las dificultades de garantizar la cobertura completa sin superposición parcial.

3A.2.4 HERRAMIENTAS PARA LA RECOPIACIÓN DE LOS DATOS

TÉCNICAS DE DETECCIÓN REMOTA (RS, DEL INGLÉS *REMOTE SENSING*)

Los datos obtenidos por detección remota que se analizan aquí son los que adquieren los sensores (ópticos, radar o lidar) a bordo de los satélites, o los que se obtienen mediante las cámaras equipadas con películas ópticas o infrarrojas instaladas en los aviones. Estos datos suelen clasificarse para proporcionar estimaciones de la cubierta terrestre y su superficie correspondiente, y habitualmente necesitan datos de sondeos para que pueda estimarse la exactitud de la clasificación. La clasificación puede realizarse bien mediante el análisis visual de las imágenes o fotografías o bien mediante métodos digitales (informatizados). El punto fuerte de la detección remota reside en su capacidad para proporcionar información explícita en el espacio y cobertura repetitiva, incluyendo la posibilidad de cubrir grandes y/o remotas superficies a las que sería difícil acceder de otro modo. Los archivos

de datos antiguos obtenidos por detección remota abarcan también varias décadas y pueden, por tanto, utilizarse para reconstruir series temporales pasadas de la cubierta terrestre y del uso de la tierra. El desafío de la detección remota está relacionado con el problema de la interpretación: las imágenes han de traducirse en información significativa de la cubierta terrestre y del uso de la tierra. Según el sensor del satélite, la adquisición de datos puede verse afectada por la presencia de nubes y neblina. Otro aspecto a tener en cuenta, especialmente cuando se comparan los datos en largos periodos de tiempo, es que los sistemas de detección remota pueden cambiar. La detección remota es especialmente útil para obtener estimaciones de superficie de la cubierta terrestre y de las categorías de uso de la tierra, y para ayudar en la identificación de superficies relativamente homogéneas que pueda orientar sobre la selección de los modelos de muestreo y el número de muestras a recopilar.

Tipos de datos de detección remota (RS)

Los tipos de datos RS más usados son: 1) fotografías aéreas, 2) imágenes de un satélite que utiliza el espectro visible y/o el cercano al infrarrojo, 3) imágenes de un satélite o de un radar aerotransportado y, 4) un lidar (LIDAR, del inglés *Light Detection and Ranging*, detección y medición a través de la luz). Las combinaciones de los diferentes tipos de datos de detección remota (por ejemplo, visible/infrarrojo y radar, diferentes resoluciones espaciales o espectrales) pueden ser utilizados muy bien para determinar las diferentes categorías de uso de la tierra o regiones. Un sistema completo de detección remota, para llevar a cabo el seguimiento de las conversiones en el uso de la tierra puede incluir muchos sensores y combinaciones de tipos de datos con una amplia gama de resoluciones.

Algunos criterios importantes para seleccionar los datos y productos de la detección remota son:

- Modelo adecuado de categorización del uso de la tierra;
- Resolución espacial apropiada;
- Resolución temporal apropiada para estimar la conversión del uso de la tierra;
- Disponibilidad de la evaluación de la exactitud;
- Aplicación de métodos transparentes en la adquisición de datos y el procesamiento; y
- Coherencia y disponibilidad a través del tiempo.

1. Fotografías aéreas

El análisis de las fotografías aéreas puede revelar especies de árboles forestales y estructura forestal de la que puede deducirse la distribución de edades relativa y la salud de los árboles (por ejemplo, la pérdida de las agujas en los bosques de coníferas, la pérdida de hojas y los esfuerzos en los bosques deciduos). En la agricultura, el análisis puede mostrar las especies de cultivo, los esfuerzos de las tierras de cultivo, y la cubierta de árboles en los sistemas de agro-silvicultura. La unidad espacial más pequeña posible para la evaluación depende del tipo de foto aérea utilizada, pero para los productos normalizados es, a menudo, de 1 metro cuadrado.

2. Imágenes de satélite en longitudes de onda visibles y cercanas al infrarrojo

El uso de imágenes satélite facilita determinación tanto del uso completo de la tierra como de la cubierta terrestre en grandes superficies (a nivel nacional o regional). Es posible obtener grandes series temporales de datos del área deseada, puesto que el satélite pasa regular y continuamente sobre ella. Con frecuencia, las imágenes generan un mosaico detallado de las diversas categorías, pero la identificación de la cubierta terrestre apropiada y de las categorías de uso de la tierra requiere los datos de referencia del suelo de los mapas o de los sondeos en campo. La unidad más pequeña que puede identificarse depende de la resolución espacial del sensor y de la escala del trabajo. Los sistemas de sensores más comunes tienen una resolución espacial de 20 – 30 metros. Con una resolución espacial de 30 metros, por ejemplo, pueden identificarse unidades de 1 ha. También hay disponibles datos de satélites con más alta resolución.

3. Imágenes de radar

Los tipos de datos de radar más comunes son los que provienen de los denominados sistemas Radar de Apertura Sintética (SAR, del inglés *Synthetic Aperture Radar*) que funcionan con frecuencias de microondas. La ventaja principal de estos sistemas es que pueden atravesar las nubes y la neblina, y adquirir datos por la noche. Pueden ser, por tanto, la única fuente fiable de datos obtenidos por detección remota en muchas zonas del mundo con cobertura de nubes casi permanente. Utilizando diferentes longitudes de onda y distintas polarizaciones, los sistemas SAR son capaces de distinguir las categorías de la cubierta terrestre (por ejemplo, bosque/no bosque), o el contenido de biomasa o de vegetación, aunque hay en este momento algunas limitaciones con biomásas altas debido a la saturación de la señal.

4. Lidar

Datos de referencia del suelo

Para que puedan utilizarse los datos de la detección remota en los inventarios, y en particular, para esbozar desde la cubierta terrestre hasta el uso de la tierra es una *buena práctica* complementar los datos obtenidos por detección remota con los datos de referencia del suelo (a menudo denominados datos de la realidad del suelo). Los datos de referencia del suelo pueden recopilarse de forma independiente u obtenerse de los inventarios forestales o agrícolas. Los usos de la tierra que cambian rápidamente dentro del periodo de estimación o que tienen una cubierta de vegetación que se sabe puede ser mal clasificada con facilidad deben ser verificados de forma más intensiva que otras superficies. Esto sólo puede llevarse a cabo utilizando los datos de referencia del suelo, preferentemente de los sondeos del suelo real obtenidos de manera independiente. También pueden ser útiles las fotografías de alta resolución.

Integración de la detección remota con el GIS

La interpretación visual de imágenes se utiliza a menudo para identificar los sitios de muestreo para los inventarios de silvicultura. El método es simple y fiable. Sin embargo, es una labor intensiva y, por lo tanto, restringida a superficies limitadas, y puede estar afectada por las interpretaciones subjetivas de diferentes operadores.

El uso pleno de la detección remota requiere muchas veces la integración de la extensa cobertura que puede proporcionar con medidas puntuales terrestres, o con datos de mapeo para representar las superficies asociadas con usos particulares de la tierra en el espacio y en el tiempo. Suele conseguirse con un costo más eficiente utilizando un sistema de geográfico de información (GIS).

Clasificación de la cubierta terrestre utilizando los datos de detección remota

La clasificación de la cobertura terrestre utilizando los datos de detección remota puede realizarse mediante análisis visual o digital (informatizado). Cada uno tiene ventajas y desventajas. El análisis visual de las imágenes permite la deducción humana a través de la evaluación de las características globales de la escena (análisis de los aspectos del contexto en la imagen). La clasificación digital, por otra parte, permite realizar algunas manipulaciones con los datos, tales como la fusión de diferentes datos espectrales, que pueden ayudar a mejorar la modelización de los datos biofísicos del suelo (como el diámetro del árbol, la altura, la superficie de la base, la biomasa) utilizando datos de detección remota. Además, el análisis digital permite la computación inmediata de las superficies asociadas con las diferentes categorías de la tierra. Se desarrolló con rapidez durante la década pasada, junto con el desarrollo técnico informático asociado, la fabricación del hardware, el software y también los datos del satélite, disponibles fácilmente con un bajo coste en muchos países, aunque la capacidad para usar estos datos y las instalaciones puedan haber sido tercerizadas, particularmente el mapeo a nivel nacional.

Detección de la conversión del uso de la tierra utilizando RS

La detección remota puede utilizarse para detectar ubicaciones de cambio. Los métodos de detección de cambio pueden dividirse en dos categorías (Singh, 1989):

Detección del cambio en la post-clasificación: se trata de técnicas que se aplican donde existen dos o más clasificaciones predefinidas de la cubierta terrestre/uso de la tierra en diferentes momentos, y en las que se detectan los cambios, normalmente, restando los conjuntos de datos. Las técnicas son bastantes simples pero también sensibles a las incoherencias en la interpretación y clasificación de las categorías de uso de la tierra.

Detección del cambio en la preclasificación: se trata de métodos más sofisticados y biofísicos para cambiar la detección. Las diferencias entre los datos de respuesta espectral obtenidos en dos o más momentos se comparan por métodos estadísticos, y se usan estas diferencias para proporcionar información sobre los cambios en la cubierta terrestre/uso de la tierra. Este tipo es menos sensible a las incoherencias en la interpretación, y puede detectar cambios mucho más sutiles que los métodos de post-clasificación, aunque es menos simple y requiere tener acceso a los datos originales de detección remota.

Existen también otros métodos viables. Por ejemplo, uno de ellos puede introducir mejoras en el cambio y la interpretación visual. Las superficies de cambio se resaltan mostrándose diferentes combinaciones de bandas, diferencias de bandas o índices derivados (por ejemplo, índices de vegetación). Esto centra la atención en los posibles lugares de conversión del uso de la tierra, que pueden ser delimitados y atribuidos a técnicas manuales o automatizadas. Estos métodos están sujetos a las incoherencias de la interpretación humana, pero son capaces de detectar cambios sutiles y de detectar mejor y mapear la conversión del uso de la tierra, para cuya determinación se necesita la información sobre la cubierta terrestre, el contexto y cualquier otra información auxiliar.

Evaluación de la exactitud del mapeo

Siempre que se utilice un mapa de la cubierta terrestre o del uso de la tierra, los compiladores del inventario deben recabar información acerca de la fiabilidad del mapa. Cuando tales mapas se generan a partir de la clasificación de los datos obtenidos por detección remota, debe tenerse en cuenta que es probable que la fiabilidad del mapa varíe para las distintas categorías de tierras. Algunas categorías pueden distinguirse excepcionalmente, mientras que otras pueden confundirse con las demás. Por ejemplo, los bosques de coníferas se clasifican a menudo con más exactitud que los bosques deciduos porque sus características de reflectancia son más distintivas, mientras que los bosques deciduos pueden confundirse fácilmente con, por ejemplo, los pastizales o las tierras de cultivo. De forma similar, a menudo es difícil determinar los cambios en las prácticas de la gestión de la tierra mediante detección remota. Por ejemplo, puede ser difícil detectar un cambio de cultivo de intensivo a reducido en una superficie específica.

Los compiladores deben estimar la exactitud de los mapas de la cubierta terrestre/uso de la tierra categoría por categoría. Mediante una serie de puntos de muestra del mapa y su correspondiente categoría en la realidad se construye una matriz de confusión (véase la nota al pie 5 del Anexo 3A.4) en la que la diagonal muestra la proporción de identificación correcta, y los elementos que están fuera de la diagonal muestran la proporción relativa de clasificación errónea de una categoría de la tierra con respecto a las otras categorías. La matriz de confusión expresa no sólo la exactitud del mapa sino que también es posible evaluar qué categorías se confunden fácilmente con otras. Basados en la matriz de confusión, pueden obtenerse un cierto número de índices de exactitud (Congalton, 1991). El análisis multitemporal (análisis de las imágenes tomadas en momentos distintos para determinar la estabilidad de la clasificación del uso de la tierra) puede también utilizarse para mejorar la exactitud de la clasificación, particularmente en los casos en los que los datos de la realidad del suelo son limitados.

SONDEOS TERRESTRES

Los sondeos terrestres pueden utilizarse para recoger y almacenar información del uso de la tierra, y para utilizarlos como datos de la realidad del suelo para la clasificación mediante detección remota. Antes de la llegada de las técnicas de detección remota, como la fotografía aérea y las imágenes por satélite, los sondeos terrestres eran los únicos métodos de elaboración de mapas. El proceso consiste fundamentalmente en visitar el área de estudio y registrar los atributos visibles y/o físicos del paisaje para fines cartográficos. La digitalización de las fronteras y los atributos de simbolización se utilizan para tomar notas de campo impresas, así como los mapas históricos de los Sistemas Geográficos de Información (GIS). Se realiza mediante protocolos de trazado de la superficie de tierra mínima y categorización de atributos que están relacionados con la escala del mapa resultante y el uso al que va destinado.

Pueden realizarse medidas muy exactas de la ubicación y la superficie utilizando una combinación de los equipos de sondeo como teodolitos, cintas métricas, ruedas de medición de distancias y dispositivos electrónicos de medición de distancias. El desarrollo de los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS, del inglés *Global Positioning Systems*) posibilitan el registro de la información de la ubicación en campo, directamente en formato electrónico utilizando dispositivos informáticos portátiles. Los datos se descargan en el ordenador de la oficina para registrarlos y coordinarlos con otras capas de información para el análisis espacial.

Las entrevistas con los propietarios de la tierra y los cuestionarios se utilizan para recopilar información socio-económica y de la gestión de la tierra, pero pueden también proporcionar datos del uso de la tierra y la conversión del uso de la tierra. Con este tipo de censos, los organismos de recopilación de datos dependen de los conocimientos y los registros de los propietarios de la tierra (o los usuarios) para brindar datos fiables. Típicamente, un representante del organismo de recopilación de datos visita al residente, lo entrevista, y los datos se registran en un formato predeterminado o un cuestionario que se le entrega al usuario de la tierra para que lo rellene. Se anima normalmente al encuestado a que utilice cualquier registro pertinente que pueda tener, pero a través de preguntas también se puede solicitar información directamente (Swanson *et al.*, 1997).

Los sondeos censales son probablemente el método más antiguo de recopilación de datos (Darby, 1970). Los sondeos de los usuarios de la tierra pueden realizarse en toda la población o en una muestra de un tamaño adecuado. Las aplicaciones modernas emplean una amplia gama de técnicas de validación y evaluación de la exactitud. El sondeo puede llevarse a cabo mediante visitas personales, entrevistas telefónicas (a menudo asistidas por ordenador) o mediante el buzoneo. Los sondeos de los usuarios comienzan con la formulación de los datos y las necesidades de información en una serie de preguntas simples y claras que exigen respuestas claras e inequívocas. Las cuestiones han sido probadas en una muestra de población para asegurar que son comprensibles y para identificar cualquier variación terminología técnica local. Cuando se hace un muestreo, se estratifica la superficie total de estudio mediante las unidades ecológicas o administrativas apropiadas, y por las diferencias categóricas significativas dentro de la población (por ejemplo, privado frente a empresarial, grande frente a pequeño, pulpa frente a madera, etc.). Para las respuestas que traten sobre las superficies de la tierra y las prácticas de gestión, se requiere del encuestado alguna ubicación geográfica, si dispone de coordenadas precisas,

la descripción catastral o al menos unidades ecológicas o administrativas. Después del sondeo se realiza una validación de los resultados para detectar anomalías estadísticas, comparar con fuentes de datos independientes, realizar una muestra de cuestionarios de verificación de seguimiento o realizar una muestra de sondeos de verificación in situ. Finalmente, la presentación de los resultados debe seguir los parámetros de estratificación iniciales.

Anexo 3A.3 Muestreo

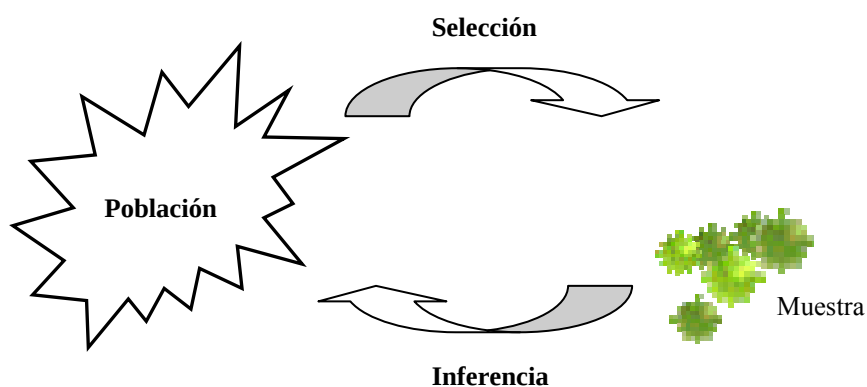
3A.3.1 INTRODUCCIÓN

Los datos del uso de la tierra se obtienen a menudo mediante sondeos de muestras, y se los suele utilizar para estimar los cambios en el uso de la tierra o en las existencias de carbono. Los inventarios nacionales de bosques son ejemplos importantes del tipo de sondeo utilizado. Esta sección proporciona una orientación sobre el uso de los datos de los sondeos de muestras para la declaración de las emisiones y absorciones de los gases de efecto invernadero, y para la planificación de sondeos de muestras con el objeto de adquirir datos para este propósito.

3A.3.2 PERSPECTIVA GENERAL DE LOS PRINCIPIOS DE MUESTREO

El muestreo deduce información acerca de una población entera observando una fracción de ésta: la muestra (véase la Figura 3A.3.1). Por ejemplo, los cambios del carbono en la biomasa de árboles a niveles regionales o nacionales pueden estimarse a partir del crecimiento, la mortalidad y los cortes de los árboles en un número limitado de parcelas de muestreo. La teoría del muestreo proporciona entonces los medios para proyectar la información desde las parcelas de muestreo hasta el nivel geográfico seleccionado. Un muestreo diseñado adecuadamente puede incrementar en gran medida la eficiencia en el uso de los recursos del inventario. Más aun, el muestreo de campo suele ser necesario en el desarrollo de los inventarios porque, aunque los datos obtenidos por detección remota proporcionan una cobertura territorial completa, en los sitios de muestras hay que interpretar y verificar los datos terrestres.

Figura 3A.3.1 Principio de muestreo



La teoría normal de muestreo se basa en una selección aleatoria de una muestra de la población. Cada unidad de la población tiene una probabilidad específica de ser incluida en la muestra. Se da este caso cuando las parcelas de muestreo han sido distribuidas de forma totalmente aleatoria en una superficie, o cuando han sido distribuidas en un sistema de cuadrículas sistemático mientras que el posicionamiento de la cuadrícula es aleatorio. El muestreo aleatorio reduce el riesgo del sesgo y permite una evaluación objetiva de las estimaciones de incertidumbre. Por lo tanto, como norma general, deben tomarse los datos muestreados aleatoriamente cuando sea posible, o cuando se realicen nuevos sondeos.

Las muestras pueden tomarse también en ubicaciones elegidas subjetivamente que se supone son representativas de la población. Esto se denomina muestreo subjetivo (o dirigido), y los datos de tales sondeos se utilizan a menudo en los inventarios de gases de efecto invernadero (es decir, cuando las observaciones de los sitios de sondeo que no fueron seleccionados aleatoriamente se usan para representar una categoría de tierra completa o estrato). En estas condiciones, las observaciones acerca de, por ejemplo, el tipo de bosque pueden verse extrapoladas a superficies para las que no son representativas. Sin embargo, debido a los limitados recursos, es posible que los inventarios de gases de efecto invernadero necesiten utilizar también datos de sitios seleccionados subjetivamente o parcelas de investigación. En este caso, es una *buena práctica* identificar, con el asesoramiento del organismo responsable de estos sitios o parcelas, las superficies de tierra para las cuales pueden considerarse representativas las muestras subjetivas.

3A.3.3 DISEÑO DEL MUESTREO

El diseño del muestro determina cómo se seleccionan las unidades de muestreo (los sitios o parcelas) a partir de la población y, por tanto, qué procedimientos de estimación estadística deben aplicarse para poder hacer deducciones a partir de la muestra. Los diseños de muestreo aleatorio pueden dividirse en dos grupos principales, utilizando información auxiliar, según si la población está o no *estratificada* (es decir, subdividida antes del muestreo). Los sondeos estratificados suelen ser más eficientes en términos de la exactitud que puede conseguirse con un determinado coste. Por otra parte, tienden a ser ligeramente más complejos, lo que incrementa el riesgo de los errores de no-muestreo, debido al uso incorrecto de los datos recopilados. Los diseños de muestreo deben buscar un buen compromiso entre la simplicidad y la eficiencia, lo que puede favorecerse siguiendo los tres aspectos que se indican a continuación:

- Empleo de la estratificación y los datos auxiliares;
- Muestreo sistemático;
- Parcelas de muestreo permanente y datos de la serie temporal.

Empleo de la estratificación y los datos auxiliares

Uno de los diseños de muestreo más importantes que incorpora información auxiliar es la *estratificación*, por la cual la población se divide en dos subpoblaciones en base a *datos auxiliares*. Estos datos auxiliares pueden ser el conocimiento de las fronteras legales, administrativas o de administraciones forestales que resulta eficaz muestrear por separado; o pueden ser mapas o datos de detección remota que distinguen entre superficies de tierras altas y bajas o entre tipos de ecosistemas diferentes. Dado que la estratificación está destinada a aumentar la eficiencia, es una *buena práctica* utilizar datos auxiliares cuando estén disponibles, o procurar contar con ellos, si no lo están, con un bajo coste adicional.

La estratificación aumenta la eficiencia de dos maneras principales: (i) al mejorar la exactitud de la estimación de la población entera, y (ii) al asegurar que se obtienen los resultados adecuados para ciertas subpoblaciones, por ejemplo, para ciertas regiones administrativas.

En la primera cuestión, la estratificación aumenta la eficiencia del muestreo si se hace una subdivisión de la población, de manera que se reduce la variabilidad entre las unidades de un estrato, comparada con la variabilidad de la población entera. Por ejemplo, un país puede dividirse en una región de tierras bajas (con ciertas características de las categorías de uso de la tierra que sean de interés) y una región de tierras altas (con diferentes características de las categorías correspondientes). Si cada estrato es homogéneo, puede obtenerse una estimación general precisa utilizando sólo una muestra limitada de cada estrato. La segunda cuestión es importante a fin de proporcionar resultados con un grado de exactitud específico para todas las regiones administrativas de interés; pero también en el caso de que los datos muestreados vayan a ser utilizados conjuntamente con otros conjuntos de datos existentes, los cuales han sido recopilados utilizando diferentes protocolos pero con las mismas fronteras administrativas o legales.

La utilización de mapas o datos obtenidos por detección remota para identificar las fronteras de los estratos (las subdivisiones de la clase de uso de la tierra que se incluyen en un sondeo de muestra), pueden introducir errores si existen superficies incorrectamente clasificadas como pertenecientes a un estrato, mientras que otras superficies que pertenecen a ese estrato no se han considerado. Los errores de este tipo pueden conducir a sesgos importantes en las estimaciones finales, debido a que la superficie identificada para el muestreo no corresponderá a la población objeto de estudio. Siempre que exista un riesgo evidente de que puedan producirse errores de este tipo, es una *buena práctica* hacer una evaluación del posible impacto de tales errores utilizando datos de la realidad del suelo.

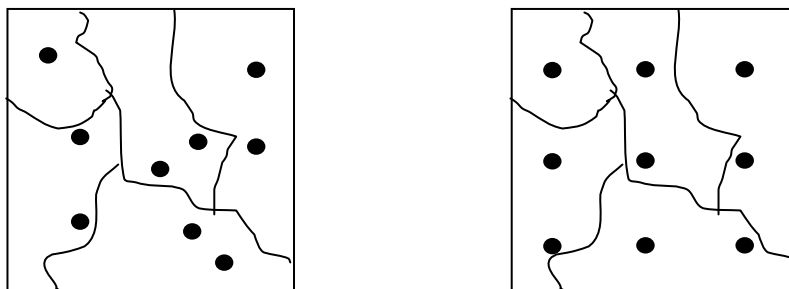
Cuando se toman datos de inventarios existentes a gran escala para la declaración de emisiones o absorciones de gases de efecto invernadero, como inventarios de bosques a nivel nacional, es conveniente aplicar los procedimientos de estimación estándar de ese inventario, mientras estén basados en principios estadísticos sólidos. Además, la *post-estratificación* (esto es, la definición de los estratos basada en la detección remota o el mapa de los datos auxiliares después de realizado el sondeo) quiere decir que es posible utilizar nuevos datos auxiliares para aumentar la eficiencia sin cambiar el diseño básico del campo (Dees *et al.*, 1998). Utilizando este principio de estimación, puede reducirse el riesgo de introducir el sesgo del párrafo anterior.

Muestreo sistemático

Los sondeos sobre el uso de la tierra o los sondeos forestales basados en el muestreo utilizan generalmente puntos de muestra o parcelas de muestras en las que se registran las características de interés. Una cuestión importante aquí concierne al plano de estos puntos o parcelas. A menudo, es apropiado colocar las parcelas en

pequeños grupos, para minimizar los costes de transporte, cuando se cubren grandes superficies con un sondeo basado en el muestreo. Con el muestreo en grupo, la distancia entre las parcelas debe ser lo bastante grande como para evitar una gran correlación entre ellas, teniendo en cuenta el tamaño de la arboleda (para muestreo forestal). Una cuestión importante es si las parcelas (o grupos de parcelas) deben organizarse de manera completamente aleatoria o sistemática, utilizando una cuadrícula regular que se ubica aleatoriamente sobre la superficie de interés (véase la Figura 3A.3.2). En general, es más eficaz utilizar el muestreo sistemático, debido a que en la mayoría de los casos, aumenta la precisión de las estimaciones. El muestreo sistemático también simplifica el trabajo de campo.

Figura 3A.3.2 Plano aleatorio simple de parcelas (izquierda) y plano sistemático (derecha)



De manera algo simplificada, la razón por la que el muestreo aleatorio sistemático generalmente es superior al muestreo aleatorio simple es que las parcelas se distribuyen uniformemente por todas partes en la superficie meta. Con el muestreo aleatorio simple, algunas partes de la superficie pueden tener muchas parcelas, mientras que otras no tendrán ninguna.

Parcelas de muestras permanentes y datos de la serie temporal

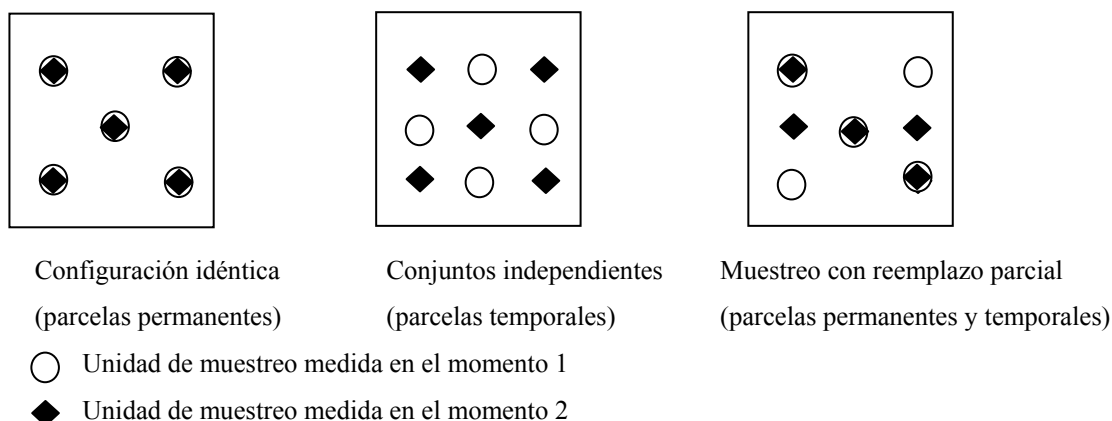
Los inventarios de gases de efecto invernadero deben evaluar tanto el estado actual como los cambios a través del tiempo (es decir, en las superficies de las categorías de usos de la tierra y en las existencias de carbono). La evaluación de los cambios es la más importante y supone repetidos muestreos a través del tiempo. El intervalo temporal entre las mediciones debe determinarse basado en la secuencia de los eventos que provocan los cambios, y también en los requisitos de declaración. Generalmente, se consideran adecuados los intervalos de muestreo de entre 5 y 10 años, y en muchos países los datos de los sondeos bien diseñados están disponibles durante muchas décadas, en especial en el sector forestal. No obstante, debido a que se requiere que las estimaciones para la declaración tengan una periodicidad anual, será necesario aplicar métodos de interpolación y extrapolación. Si no hay disponible una serie temporal lo suficientemente extensa, puede ser necesario extrapolar hacia atrás en el tiempo para capturar la dinámica de los cambios en las existencias de carbono.

Cuando se llevan a cabo muestreos repetidos, se evalúan cada vez los datos necesarios en relación con el estado actual de las superficies o las existencias de carbono. Entonces, se estiman los cambios calculando la diferencia entre el estado en el tiempo $(t+1)$ y el estado en el tiempo t .

- En ambas ocasiones, se emplean las mismas unidades de muestreo (unidades de muestreo permanente);
- En ambas ocasiones, se emplean conjuntos distintos e independientes de unidades de muestreo (unidades de muestreo temporales);
- Pueden reemplazarse algunas unidades de muestreo entre unas ocasiones y otras, mientras que otras permanecen sin cambios (muestreo con reemplazo parcial).

En la Figura 3A.3.3 se muestran estos tres métodos.

Figura 3A.3.3 Uso de diferentes configuraciones de unidades de muestreo permanentes y temporales para estimar los cambios



Generalmente, las parcelas de muestras permanentes son más eficaces en la estimación de los cambios que las temporales, porque es más fácil distinguir las tendencias reales de las diferencias que sólo se deben a la selección de la parcela que ha cambiado. Sin embargo, hay algunos riesgos en el uso de parcelas permanentes temporales. Si los administradores de la tierra llegan a conocer la ubicación de las parcelas de muestras permanentes (por ejemplo, marcándolas visiblemente), hay riesgo de que la gestión de las parcelas permanentes sea diferente de la gestión de otras superficies. Si esto sucede, las parcelas no serán representativas y existe el riesgo obvio de que los resultados estén sesgados. Si se percibiera que pudiera haber un riesgo del tipo anterior, es una *buena práctica* evaluar algunas parcelas temporales, como muestra de control, para determinar si las condiciones de estas parcelas se desvían de las condiciones de las parcelas permanentes.

El uso de muestreo con reemplazo parcial, puede solucionar alguno de los problemas potenciales con respecto a las parcelas permanentes, porque es posible sustituir los sitios que se cree han sido tratados de modo diferente. Puede utilizarse el muestreo con reemplazo parcial, aunque todos los procedimientos de estimación son complicados (Scott y Köhl, 1994; Köhl *et al.*, 1995).

Cuando sólo se utilizan parcelas temporales, aun pueden estimarse los cambios generales, pero ya no será posible estudiar las conversiones del uso de la tierra entre las diferentes categorías, a menos que pueda introducirse en la muestra una dimensión temporal. Esto puede llevarse a cabo haciendo uso de datos auxiliares, como ser mapas, registros de detección remota o administrativos sobre el estado de la tierra en el pasado. Esto introduce una incertidumbre adicional en la evaluación que puede ser difícil de cuantificar por otros medios que no sean el dictamen de expertos.

3A.3.4 MÉTODOS DE MUESTREO PARA LA ESTIMACIÓN DE LA SUPERFICIE

Muchos métodos de evaluación de las superficies de uso de la tierra o de las conversiones en superficies de uso de la tierra confían en el muestreo. Mediante el muestreo, pueden estimarse las superficies y los cambios en ellas de dos maneras distintas:

- Estimación por medio de las proporciones;
- Estimación directa de la superficie.

El primer método requiere conocer la superficie total de la región del sondeo, y que el sondeo de muestras brinde sólo las proporciones de diferentes categorías de uso de la tierra. En el segundo método no necesita conocer la superficie total.

Ambos métodos requieren la evaluación de una cantidad determinada de unidades de muestreo ubicadas en la superficie del inventario. La selección de las unidades de muestreo puede llevarse a cabo empleando un muestreo aleatorio simple o uno sistemático (véase la Figura 3A.3.2). El muestreo sistemático normalmente mejora la precisión de las estimaciones de la superficie, en especial cuando coexisten diferentes clases de uso de la tierra en grandes áreas. También puede aplicarse la estratificación para mejorar la eficacia de las estimaciones de la superficie; en este caso, es una *buena práctica*, llevar a cabo los procedimientos descritos a continuación, independientemente de cada estrato.

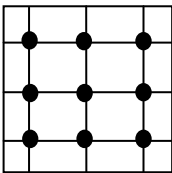
Para estimar las proporciones, se supone que las unidades de muestreo son puntos sin dimensiones, aunque debe considerarse una pequeña superficie alrededor de cada punto cuando se determine la categoría de uso de la tierra.

Pueden utilizarse también las parcelas de muestras para la estimación de la superficie, aunque este principio no está recogido aquí posteriormente.

3A.3.5 ESTIMACIÓN DE SUPERFICIES MEDIANTE PROPORCIONES

Generalmente, se conoce la superficie total de una región del inventario. En este caso, la estimación de las superficies de las diferentes categorías de uso de la tierra puede basarse en las evaluaciones de las proporciones de superficie. Cuando se aplica este método, se cubre la superficie del inventario por un determinado número de puntos de muestra y se determina el uso de la tierra para cada punto. Entonces, se calcula la proporción de cada categoría de uso de la tierra dividiendo la cantidad de puntos localizados en la categoría específica por el número total de puntos. Las estimaciones de superficie para cada categoría de uso de la tierra se obtienen multiplicando la proporción de cada categoría por la superficie total

El cuadro 3A.3.1 proporciona un ejemplo de este procedimiento. El error estándar de una estimación de superficie se obtiene como $A_i \sqrt{(p_i \cdot (1-p_i)) / (n-1)}$, donde p_i es la proporción de puntos de la categoría de uso de la tierra en cuestión i ; A la superficie total conocida, y n el número total de puntos de muestra.³ Para A_i el intervalo de confianza del 95% para la categoría de uso de la tierra estimada i , viene dado aproximadamente por ± 2 veces el error estándar.

CUADRO 3A.3.1 EJEMPLO DE LA ESTIMACIÓN DE SUPERFICIES POR MEDIO DE PROPORCIONES			
Procedimiento de muestreo	Estimación de proporciones	Superficies estimadas de categorías de uso de la tierra	Error estándar
	$p_i = n_i / n$	$A_i = p_i \cdot A$	$s(A_i)$
	$p_1 = 3/9 \cong 0,333$	$A_1 = 300 \text{ ha}$	$s(A_1) = 150,0 \text{ ha}$
	$p_2 = 2/9 \cong 0,222$	$A_2 = 200 \text{ ha}$	$s(A_2) = 132,2 \text{ ha}$
	$p_3 = 4/9 \cong 0,444$	$A_3 = 400 \text{ ha}$	$s(A_3) = 158,1 \text{ ha}$
	Suma = 1,0	Total = 900 ha	

Donde:

A = superficie total (= 900 ha en el ejemplo)

A_i = superficie estimada de la categoría de uso de la tierra i

n_i = cantidad de puntos ubicados en la categoría de uso de la tierra i

n = cantidad total de puntos

Las estimaciones de las superficies de conversión de uso de la tierra pueden llevarse a cabo introduciendo categorías del tipo A_{ij} , donde el uso de la tierra se convierte de la categoría i a la categoría j entre sondeos sucesivos.

3A.3.6 ESTIMACIÓN DIRECTA DE LA SUPERFICIE

Siempre que se conozca la superficie total del inventario, es eficaz estimar las superficies y los cambios en las superficies, mediante la evaluación de las proporciones, puesto que este procedimiento proporciona la mayor exactitud. En los casos en los que no se conozca la superficie total del inventario o esté sujeta a una incertidumbre inaceptable, se puede aplicar un procedimiento alternativo que conlleve una evaluación directa de las superficies de las diferentes clases de uso de la tierra. Este método sólo puede utilizarse cuando se aplica un muestreo sistemático. Cada punto de muestra representa una superficie correspondiente al tamaño de la celda de la cuadrícula de la plantilla de muestra.

Por ejemplo, cuando se seleccionan puntos de muestra de una cuadrícula cuadrada sistemática con 1 000 m de distancia entre los puntos, cada punto de muestra representa una superficie de 1 km • 1 km = 100 ha. Así que, si 15 puntos caen dentro de una clase de uso de la tierra específica de interés, la superficie estimada será de 15 • 100 ha = 1500 ha.

³ Nótese que esta fórmula es sólo aproximada cuando se aplica el muestro sistemático.

Anexo 3A.4 Perspectiva general de métodos potenciales para desarrollar los conjuntos de datos del Método 3

Figura 3A.4.1 Perspectiva general del método 3: Evaluaciones directas y repetidas del uso de la tierra, con cobertura espacial completa

Descripción

En el método 3, el país se subdivide en unidades espaciales, como celdas de cuadrícula o pequeños polígonos. En este ejemplo, las celdas de la cuadrícula se usan para subdividir la superficie. Las celdas de la cuadrícula pueden muestrearse mediante detección remota y/o sondeos del suelo, con el objeto de establecer las superficies de uso de la tierra cuyo alcance estimado se muestra por las líneas grises debajo de la cuadrícula. La detección remota también proporciona una cobertura completa para todas las celdas de la cuadrícula (Figura 3A.4.1A) en la interpretación del uso de la tierra. Los sondeos del suelo pueden realizarse en una muestra de las celdas de la cuadrícula y pueden ser utilizados para establecer directamente el uso de la tierra, así como para ayudar en la interpretación de los datos obtenidos por detección remota. La muestra de celdas de la cuadrícula puede distribuirse regularmente (Figura 3A.4.1B) o irregularmente (Figura 3A.4.1C) para proporcionar, por ejemplo, una mayor cobertura si es más probable la conversión del uso de la tierra. Pueden elaborarse mapas generales utilizando las celdas de la cuadrícula, las cuales pueden ser también agrupadas en polígonos (Figura 3A.4.1D). El resultado final de este Método puede representarse como una matriz tabular o de conversión, explícita en el espacio, del uso de la tierra.

Momento 1

Momento 2

Figura 3A.4.1A La detección remota puede también habilitar la cobertura completa de todas las celdas de la cuadrícula

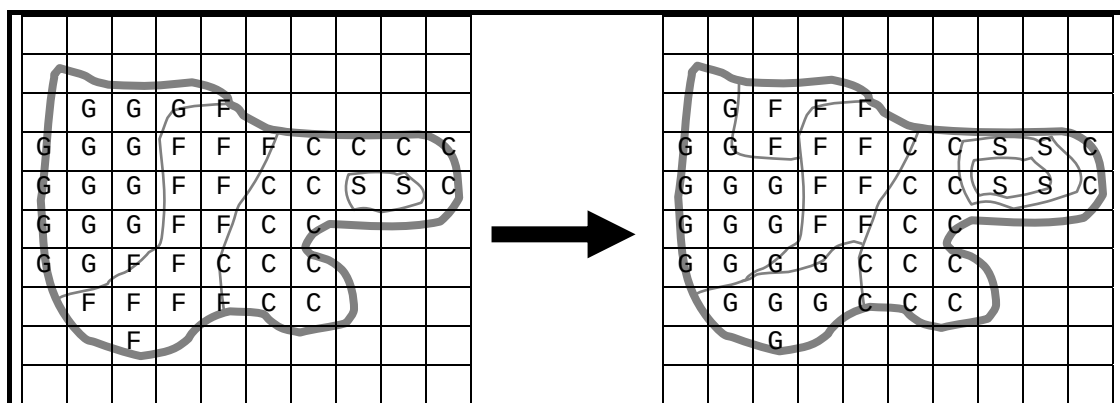
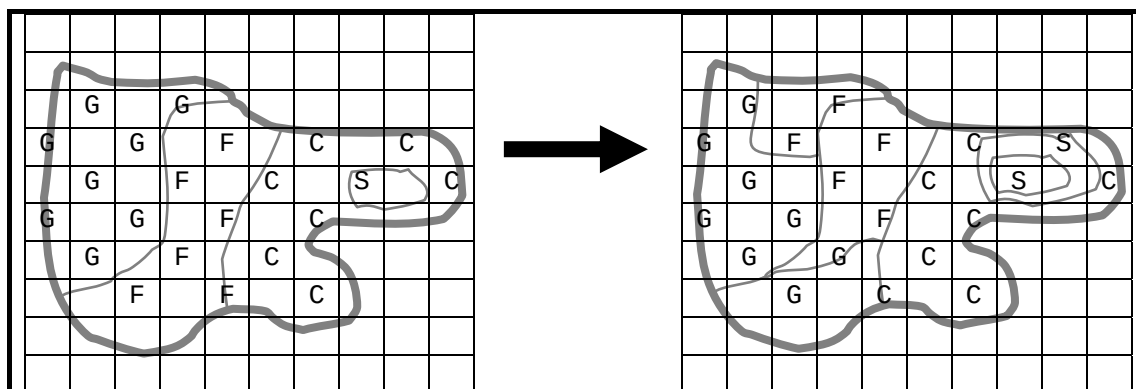
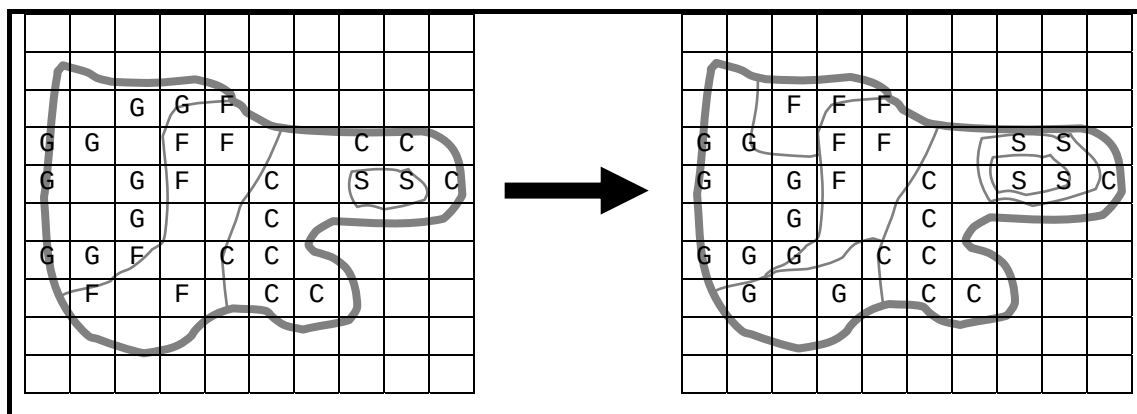


Figura 3A.4.1B La muestra de celdas de la cuadrícula puede distribuirse regularmente



Momento 1**Momento 2****Figura 3A.4.1C La muestra de celdas de la cuadrícula puede distribuirse irregularmente****Figura 3A.4.1D. Pueden elaborarse mapas generales utilizando las celdas de la cuadrícula, las cuales pueden ser también agrupadas en polígonos.**

Nota: F = Tierras forestales, G = Pastizales, C = Tierras de cultivo, W = Humedales, S = Asentamientos, O = Otras tierras.

Cuando se aplica el Método 3, los compiladores del inventario deben:

- Utilizar una estrategia de muestreo coherente con la recomendación proporcionada en este capítulo. Esta estrategia debe garantizar que los datos no están sesgados y que pueden proyectarse en caso necesario. Puede ser necesario cambiar la cantidad y ubicación de las unidades de muestreo a través del tiempo para que sigan siendo representativas.
- Si se utilizan datos obtenidos por detección remota, desarrollar un método para su interpretación en categorías de tierras utilizando los datos de referencia del suelo como se establece en este capítulo (Técnicas de detección remota). Debe ponerse atención en asignar correctamente la información de la cubierta terrestre obtenida mediante las imágenes, a la categoría del uso de la tierra que corresponda. Para ello, pueden utilizarse los inventarios forestales convencionales u otros datos de sondeos. Es necesario evitar la clasificación errónea de los tipos de tierra y la falta de exactitud del mapa establecido, mediante la referencia terrestre o los datos de alta resolución obtenidos por detección remota. La técnica convencional es establecer una matriz⁴ que muestra, para una clasificación de la tierra dada, la proporción de clasificación errónea como una de las otras clasificaciones posibles.
- Construir intervalos de confianza para aquellas superficies de categorías de uso de la tierra y cambios de la superficie que serán utilizadas en la estimación de los cambios en las existencias de carbono y en las emisiones y absorciones.
- Obtener cuadros resumen de las superficies nacionales bajo diferentes conversiones del uso de la tierra.

⁴ A veces llamada *matriz de confusión*.

Anexo 3A.5 Clasificación por defecto del clima y del suelo

Las regiones climáticas se clasifican para aplicar las emisiones y los factores de cambio para estimar la biomasa, la materia orgánica muerta y los cambios en las existencias del carbono del suelo. En la Figura 3A.5.1 se presenta la clasificación del clima por defecto, y puede determinarse utilizando el modelo de clasificación de la Figura 3A.5.2. Esta clasificación debe utilizarse en los métodos de Nivel 1 porque los factores por defecto de cambio en las emisiones y existencias se obtuvieron utilizando este modelo. Nótese que las regiones climáticas se subdividen, a la vez, en zonas ecológicas para aplicar el método de Nivel 1 y estimar los cambios en las existencias de carbono de la biomasa (véase el Cuadro 4.1 del Capítulo 4). Los compiladores del inventario tienen la opción de elaborar una clasificación climática específica del país si utilizan los métodos de Nivel 2 y 3 junto con los factores de cambio de las emisiones y existencias específicos del país. Es una *buena práctica* aplicar la clasificación, por defecto o específica del país específico, a todos los tipos de uso de la tierra. Así, los factores de emisión y cambio de existencias se asignan a cada depósito de un inventario nacional utilizando una clasificación uniforme del clima.

Los suelos se clasifican para poder aplicarles los factores de referencia y de cambio de las existencias de C, y estimar con ello los cambios en las existencias de C del suelo; así como las emisiones de NO₂ (esto es, los suelos orgánicos deben clasificarse para estimar las emisiones de NO₂ después de un drenaje). Los suelos orgánicos se encuentran en los humedales, o han sido drenados y convertidos en otros tipos de usos de la tierra (por ejemplo, tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales, asentamientos). Los suelos orgánicos se identifican en base a los criterios 1 y 2, o en base a los criterios 1 y 3, que aparecen a continuación (FAO 1998):

Grosor del horizonte orgánico igual o superior a 10 cm. Un horizonte de menos de 20 cm debe tener al menos el 12 por ciento de carbón orgánico cuando se mezcla a una profundidad de 20 cm.

Los suelos que no se saturan con agua durante algunos días deben contener más del 20 por ciento de carbón orgánico en peso (es decir, aproximadamente el 35 por ciento de materia orgánica).

Los suelos que están sujetos a episodios de saturación y tienen:

- a. Al menos el 12 por ciento de carbón orgánico en peso (es decir, alrededor del 20 por ciento de materia orgánica) si el suelo no tiene arcilla;
- b. Al menos el 18 por ciento de carbono orgánico en peso (es decir, aproximadamente el 30 por ciento de materia orgánica) si el suelo tiene un 60 % de arcilla o más; o
- c. Una cantidad intermedia proporcional de carbono orgánico para cantidades intermedias de arcilla.

Todos los demás tipos de suelos se clasifican como minerales. En la Figura 3A.5.3 se presenta una clasificación del suelo mineral por defecto para categorizar los tipos de suelos basada en la taxonomía del USDA (USDA, 1999) y en la Figura 3A.5.4 por la clasificación de la Base de Referencia Mundial para los Recursos del Suelo (FAO, 1998) (Nota: Ambas clasificaciones producen los mismos tipos de suelos por defecto del IPCC). Con los métodos de Nivel 1 debe usarse la clasificación mineral del suelo por defecto porque las existencias de C de referencia por defecto y los factores de cambio de las existencias fueron obtenidos de acuerdo con estos tipos de suelos. Los compiladores del inventario tienen la opción de desarrollar una clasificación específica del país para suelos minerales y/o orgánicos, si se aplican los métodos de Nivel 2 y 3, en combinación con el desarrollo de factores de cambio en las existencias de C y factores de referencia específicos del país (o factores de emisión en el caso de suelos orgánicos). Es una *buena práctica* utilizar la misma clasificación de suelos en todos los tipos de uso de la tierra.

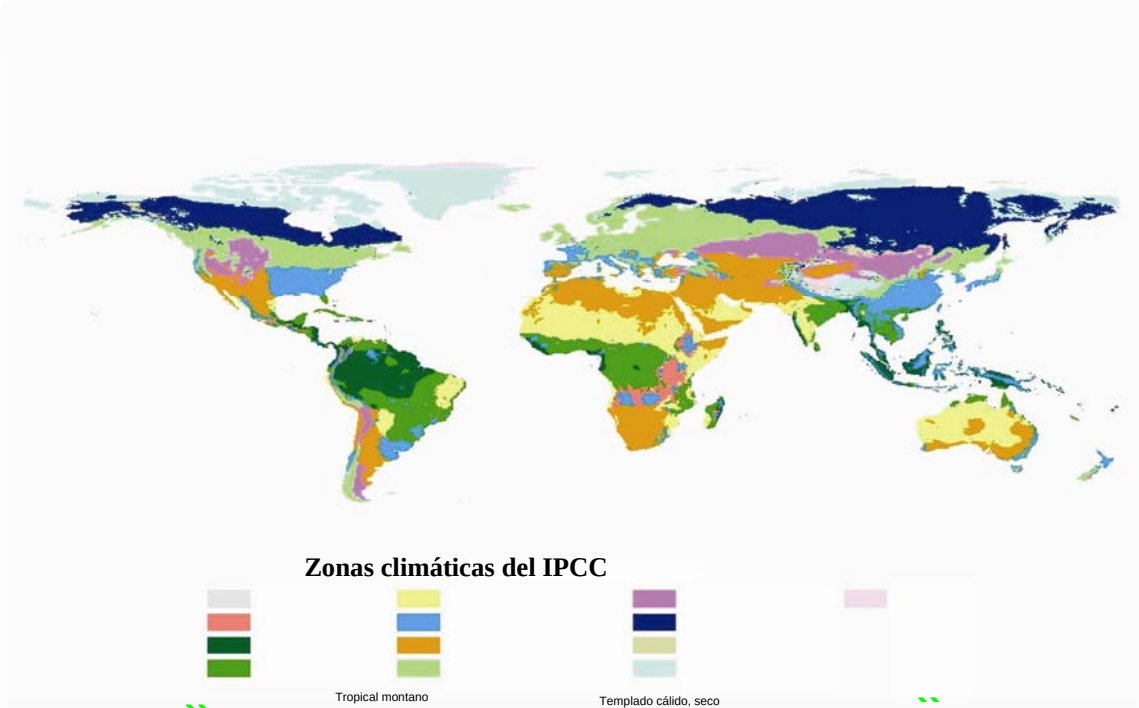


Figura 3A.5.2 Modelo de clasificación para las regiones climáticas por defecto. La clasificación se basa en la elevación, media anual de temperatura (MAT, del inglés *mean annual temperature*), media anual de precipitación (MAP, del inglés *mean annual precipitation*), relación entre la media anual de precipitación y el evapotransporte potencial (MAP:PET, del inglés *mean annual precipitation to potential evapotranspiration ratio*), y la incidencia de heladas.

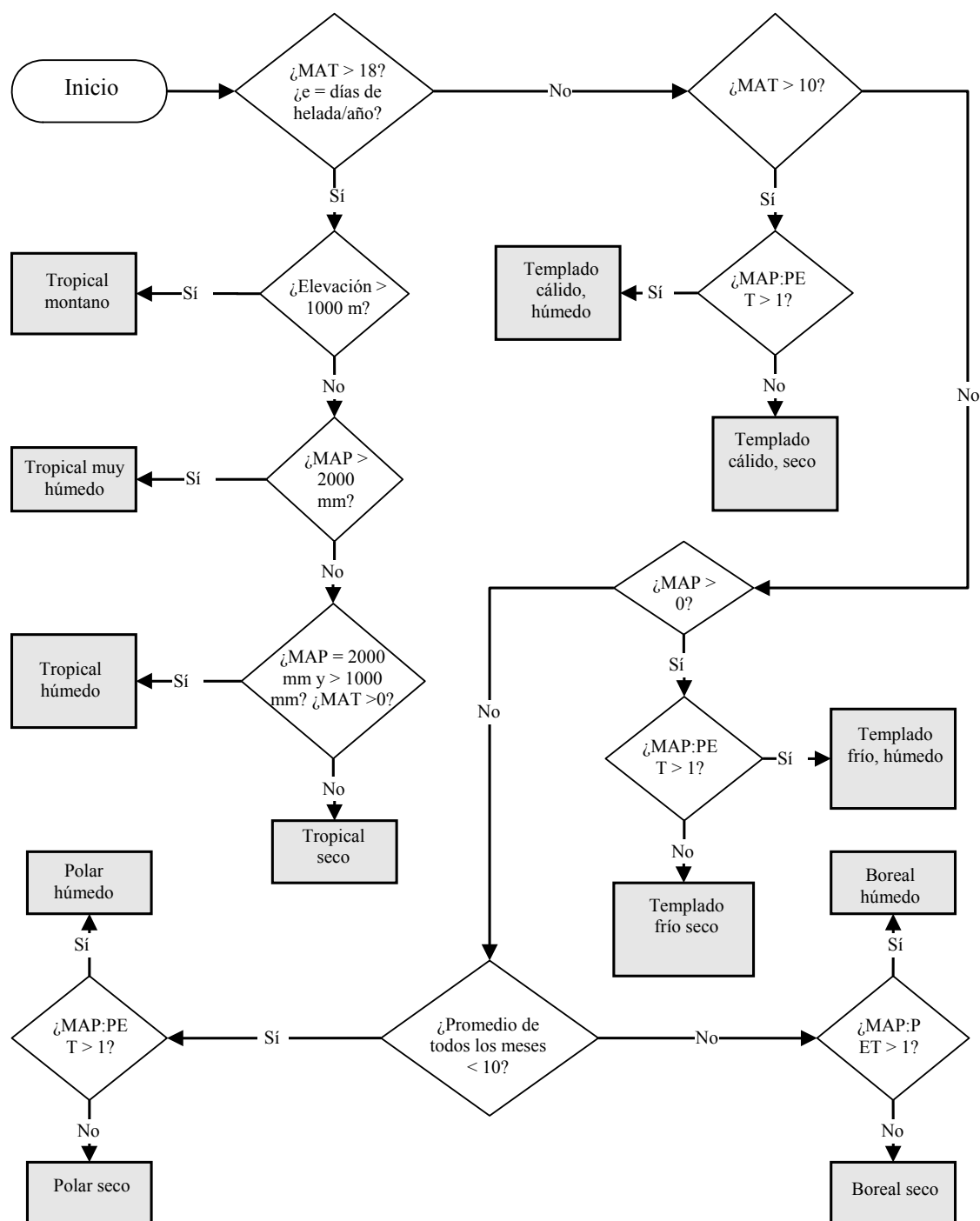


Figura 3A.5.3 Modelo de clasificación para los tipos de suelo mineral basado en la taxonomía del USDA

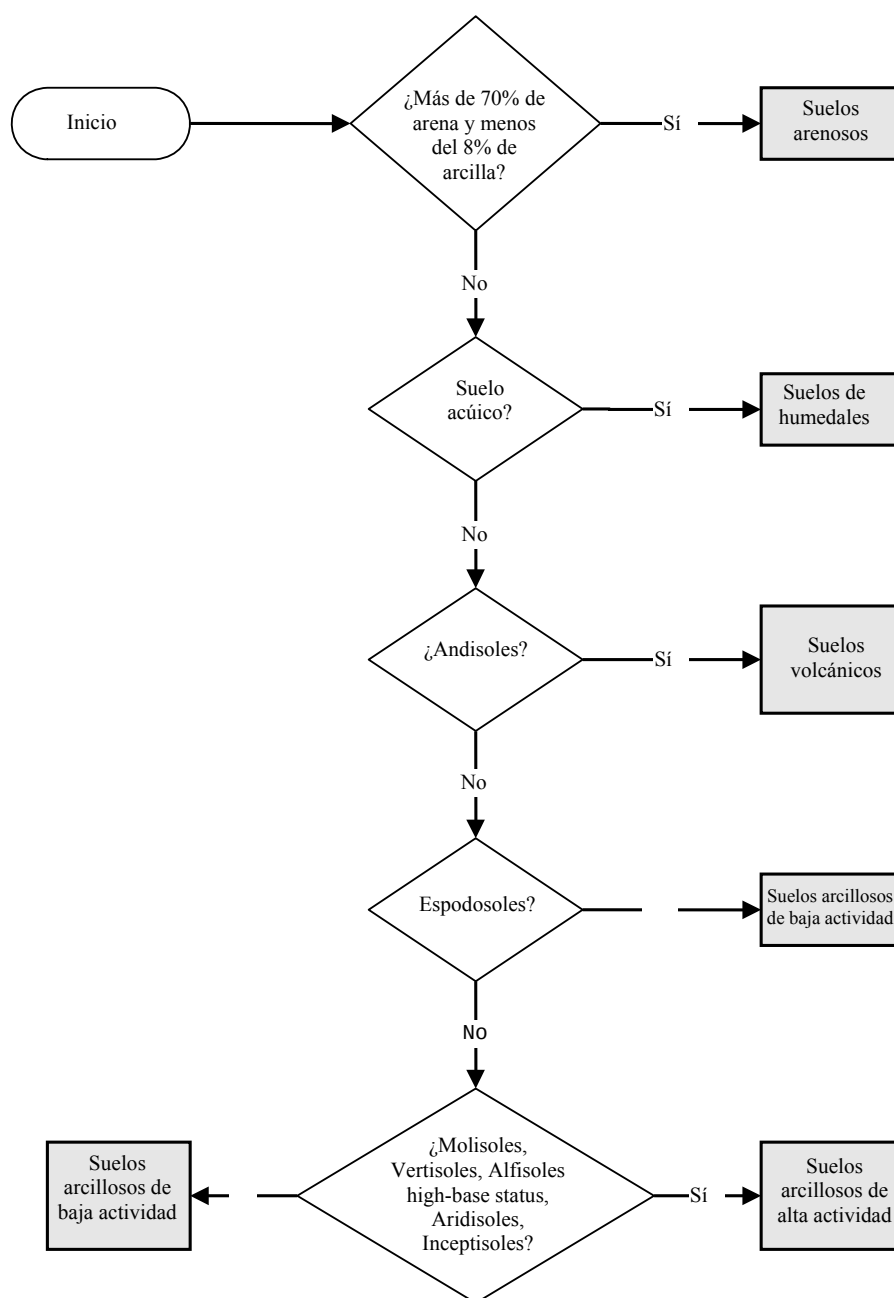
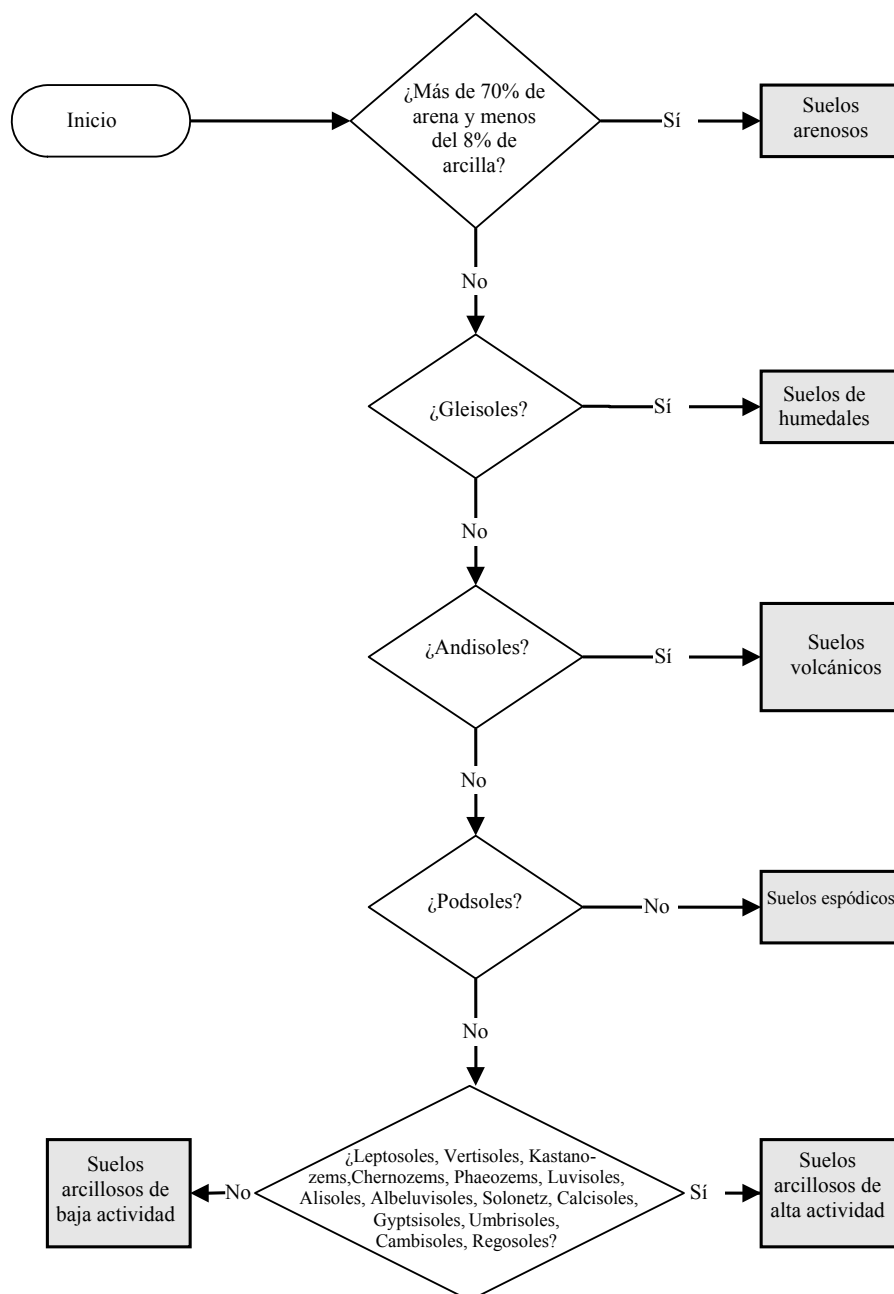


Figura 3A.5.4 Modelo de clasificación para los tipos de suelo mineral basado en la clasificación de la Base de Referencia Mundial para los Recursos del Suelo (WRB, del inglés *World Reference Base for Soil Resources*)



Referencias

- Congalton, R.G. (1991). A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment* **37**(1), pp. 35-46.
- Darby, H.C. (1970). Domesday Book – The first land utilization survey. *The Geographical Magazine* **42**(6), pp. 416 – 423.
- FAO (1995). Planning for Sustainable use of Land Resources: Towards a New Type. Land and Water Bulletin 2, Food and Agriculture Organisation, Rome Italy, 60 pp.
- IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories. Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Tréanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. Callander B.A. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA, Paris, France.
- Scott, C.T. and Kohl, M. (1994). Sampling with partial replacement and stratification. *Forest Science* **40** (1):30-46.
- Singh, A. (1989). Digital change detection techniques using remotely sensed data. *Int. J. Remote Sensing* **10**(6), pp. 989 – 1003.
- Swanson, B.E., Bentz, R.P. and Sofranco, A.J. (Eds.). (1997). Improving agricultural extension. A reference manual. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- USGS (2001). <http://edcdaac.usgs.gov/glcc/>

CAPÍTULO 3

REPRESENTACIÓN COHERENTE DE LAS TIERRAS

Autores

Kathryn Bickel (Estados Unidos) y Gary Richards (Australia)

Michael Köhl (Alemania) y Ricardo Leonardo Vianna Rodrigues (Brasil)

Autores colaboradores

Goran Stahl (Suecia)

Índice

3	Representación coherente de las tierras	
3.1	Introducción	3.5
3.2	Categorías de uso de la tierra	3.6
3.3	Representación de las superficies de uso de la tierra.....	3.9
3.3.1	Tres métodos.....	3.2
	Método 1: Superficie total del uso de la tierra, no existen datos de las conversiones entre los usos de la tierra.....	3.12
	Método 2: Superficie de la tierra total incluyendo los cambios entre categorías	3.15
	Método 3: Datos de conversión del uso de la tierra explícitos en el espacio	3.15
3.3.2	Utilización de los datos	3.16
3.3.2.1	Estratificación de los datos de uso de la tierra.....	3.19
3.3.2.2	Preparación de los datos de superficie para la estimación de las emisiones y absorciones ...	3.21
3.4	Correspondencia de las superficies de tierra con los factores para estimar las emisiones y absorciones de los gases de efecto invernadero	3.21
3.5	Incertidumbres asociadas con los métodos	3.22
Anexo 3A.1	Ejemplos de conjuntos de datos de la cubierta terrestre internacional.....	3.24
Anexo 3A.2	Desarrollo de las bases de datos de uso de la tierra	3.28
Anexo 3A.3	Muestreo	3.34
Anexo 3A.4	Perspectiva general de métodos potenciales para desarrollar los conjuntos de datos del Método 3	3.39
Figura 3A.5	Clasificación por defecto del clima y del suelo.....	3.41
Referencias	.....	3.46

Figuras

Figura 3.1	Árbol de decisiones para la preparación de los datos de la superficie de uso de la tierra	3.20
Figura 3A.3.1	Principio de muestreo	3.34
Figura 3A.3.2	Plano aleatorio simple de parcelas (izquierda) y plano sistemático (derecha)	3.36
Figura 3A.3.3	Uso de diferentes configuraciones de unidades de muestreo permanentes y temporales para estimar los cambios	3.37
Figura 3A.5.1	Trazado de las principales zonas climáticas, actualizadas desde las Directrices del IPCC de 1996.	3.42
Figura 3A.5.2	Modelo de clasificación para las regiones climáticas por defecto. La clasificación se basa en la elevación, media anual de temperatura (MAT, del inglés <i>mean annual temperature</i>), media anual de precipitación (MAP, del inglés <i>mean annual precipitation</i>), relación entre la media anual de precipitación y el evapotransporte potencial (MAP:PET, del inglés <i>mean annual precipitation to potential evapotranspiration ratio</i>), y la incidencia de heladas.	3.43
Figura 3A.5.3	Modelo de clasificación para los tipos de suelo mineral basado en la taxonomía del USDA ...	3.44
Figura 3A.5.4	Modelo de clasificación para los tipos de suelo mineral basado en la clasificación de la Base de Referencia Mundial para los Recursos del Suelo (WRB, del inglés <i>World Reference Base for Soil Resources</i>).	3.45

Cuadros

Cuadro 3.1	Estratificaciones de ejemplo con datos complementarios para los métodos de estimación de las emisiones de Nivel 1	3.9
Cuadro 3.2	Ejemplo del método 1: Datos disponibles del uso de la tierra con cobertura nacional total.....	3.13
Cuadro 3.3	Ejemplo ilustrativo de la estratificación de los datos para el Método 1	3.14
Cuadro 3.4	Ejemplo ilustrativo de tabulación de todas las conversiones del uso de la tierra para el Método 2, incluyendo los Estratos definidos a nivel nacional.....	3.17
Cuadro 3.5	Ejemplo ilustrativo de los datos del Método 2 en una matriz de conversión de uso de la tierra con estratificación de categorías	3.18
Cuadro 3.6	Matriz simplificada de conversión del uso de la tierra para el ejemplo del Método 2.....	3.19
Cuadro 3.7	Resumen de las incertidumbres de los Métodos 1 a 3	3.23
Cuadro 3A.1.1	Ejemplos de conjuntos de datos de la cubierta terrestre internacional.....	3.24
Cuadro 3A.3.1	Ejemplo de la estimación de superficies por medio de proporciones	3.38

3 REPRESENTACIÓN COHERENTE DE LAS TIERRAS

3.1 INTRODUCCIÓN

Para estimar las existencias carbono y la emisión y absorción de los gases de efecto invernadero asociadas con las actividades de la Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU), se necesita información, en cuanto a la clasificación, datos de la superficie y muestreo que represente a varias categorías de usos de la tierra. Este capítulo proporciona una orientación sobre la utilización de los diferentes tipos de datos empleados para representar las categorías de usos de la tierra y las conversiones entre ellas; de modo que sean empleados de la forma más adecuada y coherente posible en los cálculos de inventario.

Los países utilizan varios métodos para obtener los datos, que incluyen censos anuales, sondeos periódicos y detección remota. Cada uno de estos métodos de recopilación de datos proporciona diferentes tipos de información (p. ej. mapas o tabulaciones), con diferentes frecuencias de declaración y con distintos atributos. Se proporciona una orientación sobre el uso de tres métodos genéricos.

El método 1 identifica la superficie total de cada categoría individual de uso de la tierra dentro de un país, pero no proporciona información detallada sobre la naturaleza de las conversiones entre los usos de la tierra. El método 2 presenta el seguimiento de las conversiones entre las categorías de uso de la tierra. El método 3 amplía la información disponible en el método 2 al permitir que las conversiones del uso de la tierra sean seguidas en base al espacio explícito. Los países pueden utilizar una mezcla de métodos para diferentes regiones a través del tiempo.

La orientación que aquí se presenta tiene por objeto ayudar a los países a hacer el mejor uso de los datos disponibles y reducir lo máximo posible la superposición parcial y las omisiones en la generación de informes. La orientación permite que aquellos que hacen los inventarios de los gases de efecto invernadero tomen decisiones justificadas respecto del uso apropiado de los diferentes tipos de datos, pero no pretende ser preceptiva en cuanto a su recopilación. En general, todos los datos deben ser:

- adecuados, es decir, capaces de representar las categorías de uso de la tierra y las conversiones entre ellas, según se necesiten para estimar los cambios en las existencias de carbono y las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero;
- coherentes, ADE, capaces de representar las categorías de uso de la tierra de manera coherente a través del tiempo, sin que se vean demasiado afectados por discontinuidades artificiales en los datos de la serie temporal;
- completos, lo que significa que debe estar incluida toda la tierra de un país, estar compensados los incrementos en algunas zonas con los descensos en otras, reconocer la estratificación biofísica de la tierra si fuera necesario (y de forma que pudiera ser respaldada por los datos) para la estimación y declaración de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero; y
- transparentes, es decir, que las fuentes de datos, definiciones, metodologías e hipótesis deben estar claramente descritos.

Las descripciones del uso de la tierra siguen el esquema siguiente:

- categoría de uso de la tierra – es el uso general de la tierra (a continuación, se describe una de las seis categorías declaradas, bien como la tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra (es decir, que tiene la misma utilización a través de la serie temporal) o bien como tierra convertida en una nueva categoría de uso de la tierra (que representa un cambio en el uso de la tierra).
- subcategoría – se refiere a circunstancias especiales (por ejemplo, zonas de pastoreo en Tierras forestales) que se estiman y declaran por separado pero que no duplican la tierra en la categoría amplia de uso de la tierra.
- Las categorías y las subcategorías de uso de la tierra pueden *estratificarse* más en base a las prácticas de uso de la tierra y a las características biofísicas para crear unidades espaciales más homogéneas que puedan ser utilizadas para la estimación de las emisiones (véase el Cuadro 3.1 como ejemplo).

3.2 CATEGORÍAS DE USO DE LA TIERRA

Las seis categorías generales de uso de la tierra descritas a continuación forman la base de la estimación y declaración de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero derivadas del uso de la tierra y de las conversiones del uso de la tierra. Los usos de la tierra pueden considerarse como categorías de primer nivel que representan todas las zonas de uso de la tierra, con subcategorías que describen circunstancias especiales significativas para la estimación de las emisiones, y de las que se dispone de datos. Las categorías son lo bastante generales como para clasificar todas las superficies de tierra en la mayoría de los países y para dar lugar a las diferencias en los sistemas nacionales de clasificación de uso de la tierra. Asimismo, pueden ser fácilmente estratificadas (por ejemplo, según el clima o la zona ecológica). Las categorías (y subcategorías) están pensadas para que puedan ser identificadas mediante el uso de **Métodos** para representar los datos del uso de la tierra descritos en las secciones subsiguientes.

Las definiciones de las categorías de uso de la tierra pueden incluir el tipo de cubierta terrestre, el uso de la tierra, o una combinación de ambos. Se debe tener cuidado de no mezclar el uso de la tierra con las características de la cubierta terrestre y viceversa. Por ejemplo, en algunos países, zonas bastante significativas de tierras forestales pueden ser de pastoreo, y puede recolectarse leña de árboles aislados en la categoría de pastizales. Estas zonas pueden ser lo bastante significativas en algunos países como para considerarlas por separado como subcategorías adicionales. Los países deben asegurarse de que la tierra no se contabiliza en más de una categoría o subcategoría, para evitar contabilizar dos veces las mismas superficies de tierra.

Por conveniencia, se hace referencia a las categorías como categorías de uso de la tierra. Se han seleccionado estas categorías en particular, porque son:

- sólidas, como base para la estimación de las emisiones y absorciones;
- aplicables, y
- completas, en el sentido en que todas las superficies de tierra de un país pueden clasificarse en estas categorías sin que se dupliquen.

Los países utilizarán sus propias definiciones de estas categorías, las cuales pueden o no referirse a definiciones internacionalmente aceptadas, tales como las de la FAO, Ramsar¹, etc. Sólo se proporcionan definiciones generales y no preceptivas para las categorías de uso de la tierra y para las tierras gestionadas y no gestionadas. Los países deben describir y aplicar las definiciones de las superficies de tierra nacionales de manera coherente a través del tiempo.

Los países deben describir los métodos y las definiciones utilizados para determinar las superficies de tierras gestionadas y no gestionadas. La tierra gestionada es aquella en la que ha habido intervención humana y donde se han aplicado prácticas para la realización de actividades de producción, ecológicas o sociales. Todas las definiciones y clasificaciones de tierras deben especificarse al nivel nacional, describirse de manera transparente y aplicarse de forma coherente a través del tiempo. No es necesario declarar las emisiones / absorciones de gases de efecto invernadero en tierras no gestionadas. No obstante, es una *buena práctica* que los países cuantifiquen, y efectúen un seguimiento a través del tiempo, de la superficie de tierras no gestionadas, de manera que se pueda mantener la coherencia en la contabilidad de la superficie a medida que se producen cambios en el uso de la tierra.

Como resolución del uso de la tierra nacional, el mapeo puede ser menos preciso que las definiciones utilizadas para describir las categorías de uso de la tierra (por ejemplo, si la definición de bosque que aplica un país incluye una superficie mínima de, digamos, una hectárea y el tamaño mínimo de la unidad de mapeo del uso de la tierra es de cinco hectáreas), es posible que existan pequeñas superficies (sin identificar) de una categoría de uso de la tierra declaradas dentro de otra categoría. Estas pequeñas superficies pueden ser declaradas dentro del uso de la tierra mapeado cuando permanecen en la misma categoría. Si se convierten a otra categoría de uso de la tierra (por ejemplo, una pequeña superficie de tierras forestales que cambia de uso, se identifica dentro de la superficie mapeada anteriormente como tierras de cultivo) y esto se identifica (por ejemplo, para una aplicación con permiso para desarrollar una actividad) entonces, estas tierras deben declararse dentro de la conversión del uso de la tierra apropiado (por ejemplo, Tierras forestales que se convierte en tierra para otro uso específico) y restadas de la zona (que queda) del uso de la tierra original (previamente mal clasificado).

Las categorías del uso de la tierra para la declaración del inventario de gases de efecto invernadero son:

(i) Tierras forestales

¹ Se refiere a la Convención de Ramsar sobre Humedales. Dicha convención, firmada en Ramsar, Irán, en 1971, es un tratado intergubernamental que proporciona el marco para la cooperación entre la acción nacional e internacional, para el conservación y el uso correcto de los humedales y sus recursos.

Esta categoría incluye toda la tierra con vegetación boscosa coherente con los umbrales utilizados para definir las tierras forestales en el inventario nacional de gases de efecto invernadero. También incluye los sistemas con una estructura de vegetación que actualmente se encuentra por debajo, pero que potencialmente podría alcanzar *in situ* los valores umbrales utilizados por un país para definir la categoría de tierras forestales.

(ii) Tierras de cultivo

Esta categoría incluye la tierra cultivada, incluidos los arrozales y los sistemas de agro-silvicultura donde la estructura de la vegetación se encuentra por debajo de los umbrales utilizados para la categoría de tierras forestales.

(iii) Pastizales

Esta categoría incluye las tierras de pastoreo y los pastizales que no se consideran tierras de cultivo. Incluye también los sistemas con vegetación boscosa y otra vegetación no herbórea, como las hierbas y la maleza que están por debajo de los valores umbrales utilizados en la categoría de tierras forestales. La categoría también incluye todos los pastizales, desde las tierras sin cultivar hasta las zonas de recreo, así como los sistemas silvo-pastoriles, coherentes con las definiciones nacionales.

(iv) Humedales

Esta categoría incluye las zonas de extracción de turba y la tierra que está cubierta o saturada de agua durante todo el año o durante parte de éste (por ejemplo, las turberas) y que no está dentro de las categorías de tierras forestales, tierras de cultivo, pastizal o asentamientos. Incluye los reservorios como subdivisión gestionada y los ríos naturales y los lagos como subdivisiones no gestionadas.

(v) Asentamientos

Esta categoría incluye toda la tierra desarrollada, incluidas las infraestructuras de transporte y los asentamientos humanos de cualquier tamaño, a menos que ya estén incluidos en otras categorías. Esto debe ser coherente con las definiciones nacionales.

(vi) Otras tierras

Esta categoría incluye el suelo desnudo, roca, hielo y todas aquellas zonas que no estén incluidas en ninguna de las otras cinco categorías. Permite que el total de las superficies de tierra identificadas coincida con la superficie nacional de la que se tienen datos. Si hay datos disponibles, se aconseja que los países clasifiquen las tierras no gestionadas dentro de las categorías de uso de la tierra descritas anteriormente (por ejemplo, dentro de las Tierras forestales no gestionadas, los pastizales no gestionados, y los humedales no gestionados). Esto mejora tanto la transparencia como la capacidad para realizar el seguimiento de las conversiones del uso la tierra de determinados tipos específicos de tierras no gestionadas en otros tipos que se encuentren dentro de las categorías anteriores.

CONVERSIONES DEL USO DE LA TIERRA

La aplicación total de la orientación requiere estimar las conversiones del uso de la tierra que se producen entre los intervalos de recopilación de datos, particularmente cuando las diferentes estimaciones de las existencias de carbono y los diferentes factores de emisiones y absorciones están asociados con las tierras antes y después de la transición. A continuación, se indican los usos de la tierra y las conversiones del uso de la tierra aplicables:

FF	=	Tierras forestales que permanecen como tales (FF, del inglés <i>Forest Land remaining Forest Land</i>)	LF	=	Tierras convertidas en tierras forestales (LF, del inglés <i>Land converted to Forest Land</i>)
GG	=	Pastizales que permanecen como tales (GG, del inglés <i>Grassland remaining Grassland</i>)	LG	=	Tierras convertidas en pastizales (LG, del inglés <i>Land converted to Grassland</i>)
CC	=	Tierras de cultivo que permanecen como tales (CC, del inglés <i>Cropland remaining Cropland</i>)	LC	=	Tierras convertidas en Tierras de cultivo (LC, del inglés <i>Land converted to Cropland</i>)
WW	=	Humedales que permanecen como tales (WW, del inglés <i>Wetlands remaining Wetlands</i>)	LW	=	Tierras convertidas en humedales (LW, del inglés <i>Land converted to Wetlands</i>)
SS	=	Asentamientos que permanecen como tales (SS, del inglés <i>Settlements remaining Settlements</i>)	LS	=	Tierras convertidas en asentamientos (LS, del inglés <i>Land converted to Settlements</i>)
OO	=	Otras tierras que permanecen como tales (OO, del inglés <i>Other Land remaining Other Land</i>)	LO	=	Tierras convertidas en otras tierras (LO, del inglés <i>Land converted to Other Land</i>)

Los países pueden especificar la conversión del uso de la tierra, siempre que existan datos detallados sobre el origen de la tierra convertida a una categoría (los cuales dependen del método que tenga el país para representar las zonas de uso de la tierra). Por ejemplo, LC puede subdividirse en tierras forestales convertidas a tierras de cultivo (FC) y pastizal convertido a tierras de cultivo (GC). Aunque las dos superficies de tierra se incluyen en la categoría de Tierras de cultivo, deben representarse y declararse debido a su origen siempre que sea posible las

diferencias en las emisiones y absorciones de los gases de efecto invernadero. Cuando se aplican estas conversiones de categorías de uso de la tierra, los países deben clasificar la tierra dentro de una sola categoría para evitar el cómputo doble. La categoría de declaración es, por tanto, la categoría de uso final, no la categoría original anterior a la conversión del uso de la tierra.

Si un sistema nacional de clasificación del uso de la tierra no coincide con las categorías (i) a (vi) descritas anteriormente, las clasificaciones del uso de la tierra deben combinarse o desagregarse, para representar las categorías que aquí se presentan. Los países deben declarar el procedimiento adoptado para la reasignación. Deben especificarse las definiciones nacionales de todas la categorías utilizadas en el inventario y en cualquier valor o parámetro umbral utilizado en las definiciones. Cuando se cambien o se desarrollen por primera vez los sistemas nacionales de clasificación de tierras, debe buscarse la compatibilidad con las clases de uso de la tierra (i) a (vi) anteriores.

Las categorías generales de uso de la tierra listadas anteriormente pueden estratificarse más (como se describe en la sección 3.3.2) según el clima o la zona ecológica, el suelo, el tipo de vegetación, etc., según sea necesario, para ajustar las superficies de tierra a los métodos para evaluar los cambios en las existencias de carbono y las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero descritos en el Capítulo 2 y en los Capítulos 4 al 9 de este Volumen. Los modelos por defecto de clasificación del suelo y el clima se proporcionan en el Anexo 3A.5. Los ejemplos de estratificaciones utilizados para la estimación de las emisiones y absorciones de Nivel 1 se resumen en el Cuadro 3.1. Los sistemas de estratificación específicos varían según el uso de la tierra y los depósitos de carbono, y se utilizan en los métodos de estimación más adelante en este Volumen. La orientación sobre la estratificación de las zonas de uso de la tierra para que se ajusten a los datos necesarios para estimar las emisiones y absorciones se proporciona en la Sección 3.3.2. de este capítulo.

CUADRO 3.1 ESTRATIFICACIONES DE EJEMPLO CON DATOS COMPLEMENTARIOS PARA LOS MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE NIVEL 1	
Factor	Estrato
CLIMA (véase el Anexo 3A.5)	Boreal Templado frío seco Templado frío lluvioso Templado cálido seco Templado cálido húmedo Tropical seco Tropical húmedo Tropical lluvioso
SUELO (véase el Anexo 3A.5)	Arcilla de alta actividad Arcilla de baja actividad Arenoso Espódico Volcánico Humedal Orgánico
BIOMASA (ZONA ECOLÓGICA) (véase la Figura 4.1, en el Capítulo 4 Tierras forestales)	Selva tropical Bosque deciduo húmedo tropical Bosque seco tropical Superficie tropical cubierta de arbustos Desierto tropical Sistemas montañosos tropicales Bosque húmedo subtropical Bosque seco subtropical Estepa subtropical Desierto subtropical Sistemas montañosos subtropicales Bosque oceánico templado Bosque continental templado Estepa templada Desierto templado Sistemas montañosos templados Bosque de coníferas boreal Tundra arbolada boreal Sistemas montañosos boreales Polar
PRÁCTICAS DE GESTIÓN (puede aplicarse más de una en la misma superficie de tierra)	Labores de cultivo intensivas/reducidas/sin labores de cultivo Cultivado a largo plazo Cultivo de árboles perennes Encalado Sistemas de cultivo de alta/baja/media entrada Pastizales mejorados Pastizales sin tratar

3.3 REPRESENTACIÓN DE LAS SUPERFICIES DE USO DE LA TIERRA

Esta sección describe tres Métodos que pueden utilizarse para representar superficies de uso de la tierra utilizando las categorías definidas en la sección anterior. Se representan a continuación, según el contenido de información creciente. El método 1 identifica el cambio total de superficie por cada categoría individual de uso de la tierra dentro de un país, pero no proporciona información sobre la naturaleza y la superficie de las conversiones entre los usos de la tierra. El Método 2 presenta el seguimiento de las conversiones entre las categorías de uso de la tierra (pero no es explícito en el espacio). El método 3 amplía la información disponible en el método 2 lo que permite que las conversiones del uso de la tierra sean seguidas sobre una base explícita en el espacio.

Los métodos no se presentan siguiendo un nivel jerárquico y no implican ningún incremento ni descenso en la exactitud, sino que reflejan diferentes métodos de recopilación y atributos y, por lo tanto, todos ellos son caminos adecuados para utilizar los datos. La exactitud depende mucho más de la calidad en la aplicación del Método que del Método en sí mismo. Los Métodos no son mutuamente excluibles, y la mezcla de los métodos seleccionados por un país debe reflejar la estimación de las emisiones y sus circunstancias. Un método puede aplicarse de manera uniforme a todas las superficies y categorías de uso de la tierra de un país, o también pueden aplicarse métodos distintos a regiones o categorías diferentes o en distintos intervalos de tiempo. En todos los casos, los países deben caracterizar y contabilizar todas las superficies de tierra pertinentes de manera tan coherente y transparente como sea posible.

Los datos deben reflejar las tendencias históricas de la zona de uso de la tierra, según se necesite para los métodos de inventario descritos en los Capítulos 2 y 4 a 9 de este Volumen. El punto de partida de los datos históricos necesarios se basa en la cantidad de tiempo necesario para que la materia orgánica muerta y las existencias de carbono del suelo alcancen el equilibrio después de una conversión del uso de la tierra (por defecto, se recomienda que transcurran 20 años, pero pueden ser más; por ejemplo, para sistemas templados y boreales). Una vez transcurrido el periodo para alcanzar el equilibrio, es preciso que la tierra que se añadió a una categoría de conversión del uso de la tierra sea transferida a una de «tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra». Los datos de la serie temporal de la conversión del uso de la tierra son, por tanto, utilizados también para determinar la transferencia anual de superficie de la categoría «tierra convertida a categoría» y la de «tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra».

SERIE TEMPORAL

El inventario requiere que los datos de una zona de uso de la tierra sean de, al menos, dos momentos distintos pertinentes para el año del inventario. Para el Método 1 (identificación sólo del cambio neto de la superficie nacional de cada categoría de uso de la tierra, pero no entre ellas), el uso histórico de la tierra puede que no se conozca aún. En tales circunstancias, los países deben, bien deducir el uso anterior de la tierra (véase la Sección 3.3.2.2 más adelante) o bien suponer que la tierra ha permanecido en la categoría de uso todo el tiempo anterior a la conversión del uso de la tierra. Esta hipótesis puede subestimar las absorciones donde predominen las conversiones a usos de la tierra con mayores contenidos de carbono, o subestimar las emisiones en el caso contrario.

Es importante que haya una serie temporal coherente en la preparación de la categoría de uso de la tierra y en los datos de conversión, de forma que los efectos del cambio de método no se incluyan como conversión real del uso de la tierra. Debe tenerse cuidado asimismo de asegurar que las superficies de tierra gestionadas y no gestionadas estén definidas y que se han estimado de forma coherente. En la sección siguiente se describe cómo deben tratarse los cambios en las superficies de tierra gestionadas (y, como consecuencia de esto, los cambios en las existencias de carbono) cuando se utilizan métodos de cambio de existencias para la estimación de las emisiones.

USO COHERENTE DE LA SUPERFICIE DE TIERRA EN LAS ESTIMACIONES DE LAS EXISTENCIAS DE CARBONO

A lo largo de la serie temporal de un inventario nacional, es posible que la superficie total de tierras gestionadas aumente a medida que las tierras no gestionadas se conviertan en tierras gestionadas. En este caso, cuando la superficie de tierra se utilice para estimar las existencias de carbono (utilizando un método de diferencia de existencias para la estimación de emisiones), es posible que la incorporación de tierra adicional al inventario (al cambiar del estado no gestionado al gestionado) se traduzca, incorrectamente, en un aumento de las existencias de carbono. Podría interpretarse erróneamente como una absorción de la atmósfera, cuando en realidad es sólo un aumento debido a la ampliación de la zona de uso de la tierra sobre la serie temporal del inventario. Para separar los incrementos en las existencias de carbono, debido a los cambios de la zona, de aquellos otros cambios reales, deben recalcularse las estimaciones de las existencias de carbono para la toda la superficie de la serie temporal del inventario, cada vez que la superficie total de tierra gestionada cambie en un inventario anual.

La superficie máxima de tierra (y las existencias de carbono asociadas) en cualquier punto y a lo largo de la serie temporal del inventario, debe utilizarse como base para la estimación de las emisiones y absorciones. Puede suponerse que permanecen constantes las emisiones de carbono de las tierras no gestionadas (siendo por tanto nulos los cambios en las existencias de carbono) hasta el año en el que la tierra sea clasificada como de uso gestionado. El nuevo cálculo cambia, por tanto, la estimación inicial de las existencias de carbono del año en el que la tierra fue introducida en el inventario, pero no afectará la estimación del cambio de las existencias de carbono de la serie temporal del inventario hasta que la tierra pertinente llegue a estar gestionada.

DISPONIBILIDAD DE LOS DATOS

Para muchos países, aplicar estas directrices de inventario puede requerir una nueva recopilación de datos. El Anexo 3A.3 proporciona una orientación general sobre las técnicas de muestreo y el Anexo 3A.4 sobre los conjuntos de datos explícitos en el espacio (Método 3). Si los datos necesarios para aplicar estas directrices sobre los usos de la tierra no están disponibles a nivel nacional, los datos de las categorías de la tierra pueden obtenerse de los conjuntos de datos globales (se proporcionan ejemplos en el Anexo 3A.1, pero generalmente sólo declaran en base a la cubierta terrestre y al uso de la tierra). Es preferible que los datos utilizados sean capaces de proporcionar información de entrada para los cálculos de incertidumbres.

Cuando se utilizan los datos de uso de la tierra, los compiladores del inventario deben:

- Armonizar las definiciones entre las bases de datos independientes existentes y también con las categorías de uso de la tierra, para minimizar los vacíos y la superposición parcial. Por ejemplo, puede haber superposición parcial si se incluyera el arbolado de las granjas en el conjunto de datos de la agricultura y silvicultura. Para armonizar los datos, el arbolado debe contabilizarse sólo una vez en el inventario de gases de efecto invernadero, teniendo en cuenta la definición de bosque adoptada a nivel nacional. A fin de armonizar, los organismos encargados de realizar los sondeos deben tener a su disposición la información sobre la posible superposición parcial. La armonización de las definiciones no implica que los organismos deban abandonar sus propias definiciones de uso común, pero deben establecer la relación existente entre unas y otras, con objeto de eliminar el cómputo doble y las omisiones. Debe llevarse a cabo para todo el conjunto de datos, para mantener la coherencia de la serie temporal.
- Garantizar que las categorías de uso de la tierra empleadas identifiquen todas las actividades pertinentes. Por ejemplo, si un país necesita realizar el seguimiento de una categoría de uso de la tierra gestionada, tal como las tierras forestales, entonces el sistema de clasificación debe distinguir entre tierras forestales gestionadas y no gestionadas.
- Asegurarse de que los métodos de adquisición de datos sean fiables, estén metodológicamente bien documentados, sean oportunos, de la escala adecuada y provengan de fuentes fiables.
- Garantizar la aplicación coherente de las definiciones de las categorías entre los diferentes periodos. Por ejemplo, los países deben comprobar si ha cambiado la definición de bosque a través del tiempo, en lo que se refiere a la cubierta forestal de árboles u otros parámetros. Si se detectan cambios, utilizar los datos corregidos para volver a hacer los cálculos de manera coherente a lo largo de la serie temporal, y declare las acciones llevadas a cabo. El Capítulo 5 del Volumen 1 contiene orientaciones para volver a hacer los cálculos.
- Preparar las estimaciones de incertidumbre para aquellas superficies de uso de la tierra y conversiones de la superficie que serán utilizadas en la estimación de los cambios en las existencias de carbono y en las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero.
- Asegurar que la superficie de tierra nacional sea coherente a lo largo de la serie temporal del inventario; si no es así, al aplicar un método de estimación de emisiones basado en el cambio de existencias de carbono, los cambios en las existencias reflejarán aumentos o descensos falsos debido al cambio en la superficie de tierra total contabilizada.
- Evaluar si la suma de las superficies de las bases de datos de clasificación de la tierra es coherente con la superficie total nacional, dado el nivel de incertidumbre de los datos. Si la cobertura es total, la suma neta de los cambios en la superficie de tierra entre dos periodos debe ser cero dentro de la incertidumbre asociada. En los casos en los que la cobertura no es total, la diferencia entre la superficie cubierta y la superficie nacional debe ser, en general, estable o variar lentamente con el tiempo, de nuevo, dentro de las incertidumbres esperadas de los datos. Si el balance de términos varía rápidamente, o (en el caso de cobertura total) las sumas no son iguales, los compiladores del inventario deben investigarlo, explicarlo y realizar las correcciones necesarias. Estas comprobaciones de la superficie total deben tener en cuenta las incertidumbres de los sondeos o los censos anuales o periódicos asociados. La información sobre las incertidumbres deben obtenerse de las organizaciones encargadas de realizar los sondeos. Las diferencias entre la suma de las superficies contabilizadas según los datos disponibles y la superficie nacional debe estar dentro de la incertidumbre esperada en la estimación de la superficie.

Para algunas actividades declaradas, tales como la aplicación de fertilizante de nitrógeno, el encalado y los productos de madera recolectada, pueden estar disponibles sólo los datos acumulados a nivel nacional. Estos datos pueden utilizarse, sin la categorización según el uso de la tierra, cuando se aplican métodos a nivel nacional de estimación de las emisiones y absorciones.

3.3.1 Tres Métodos

MÉTODO 1: SUPERFICIE TOTAL DEL USO DE LA TIERRA, NO EXISTEN DATOS DE LAS CONVERSIONES ENTRE LOS USOS DE LA TIERRA

El Método 1 representa los totales de la superficie de uso de la tierra de una unidad espacial determinada, la cual a menudo se define por fronteras políticas, como un país, provincia o municipio. Otra característica de los datos del Método 1 es que sólo puede realizarse el seguimiento a través del tiempo de los cambios netos en la superficie de uso de la tierra. En consecuencia, no se conoce la ubicación exacta o el patrón de usos de la tierra dentro de la unidad espacial y, además, no pueden determinarse los cambios exactos en las categorías de uso de la tierra. Es probable que los conjuntos de datos hayan sido elaborados con otros fines, tales como las estadísticas agrícolas o de silvicultura. Con frecuencia, se combinan varios conjuntos de datos para cubrir todas las clasificaciones de la tierra a nivel nacional y todas las regiones de un país. En este caso, la ausencia de un sistema de datos unificado puede conducir al cómputo doble o a la omisión, ya que los organismos encargados pueden utilizar definiciones distintas del uso de la tierra concreto en la elaboración de sus bases de datos. A continuación, se sugieren algunas formas de abordar esta cuestión.

Los Cuadros 3.2 y 3.3 muestran un resumen de los datos de la superficie de uso de la tierra para un país hipotético (con una superficie de tierra nacional de 140 millones de hectáreas) que utiliza clasificaciones de tierra pertinentes a nivel local. El Cuadro 3.2 está elaborado al nivel de las categorías generales de uso de la tierra. El Cuadro 3.3 representa la misma información con ejemplo de las estratificaciones para estimar el efecto de varias actividades que utilizan los métodos de estimación de las emisiones descritos en otra sección de este Volumen.

La determinación de la superficie de la conversión del uso de la tierra en cada categoría se basa en la diferencia en la superficie en dos momentos diferentes, con cobertura total o parcial de la superficie de tierra. Es posible que bajo el Método 1 no se especifiquen las conversiones entre categorías (esto es, «tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra» y «tierra convertida a una nueva categoría de uso de la tierra»), a menos que estén disponibles datos adicionales (que introducirían una mezcla con el Método 2).

Los datos de la superficie de uso de la tierra pueden provenir originalmente de los datos de un sondeo periódico de muestras, de mapas o censos (tales como los sondeos de los propietarios de la tierra), pero no serán probablemente explícitos en el espacio. La suma de todas las superficies de las categorías de uso de la tierra puede o no ser igual a la superficie total del país o región que se esté considerando, y el resultado neto de las conversiones del uso de la tierra puede o no ser igual a cero, según la coherencia en la recopilación de los datos y la aplicación de los inventarios en cada categoría de uso de la tierra. El resultado final de este Método es un cuadro del uso de la tierra en momentos determinados. Dado que la base de tierra total que se declara cada año para todas las categorías de uso de la tierra debe permanecer constante, debe generarse un cuadro parecido al Cuadro 3.3 como medida de garantía de calidad/control de calidad (GC/CC). Si se encuentran incoherencias, una *buena práctica* es identificar y corregir el(los) problema(s) para futuros inventarios. Esto puede requerir una coordinación más estrecha entre los equipos de inventario para separar las categorías de uso de la tierra (si se analizan por separado) o posiblemente realizar nuevos sondeos u otro tipo de recopilación de datos.

Otras partes de este Volumen requieren que la información de la superficie de tierra de cada categoría de uso de la tierra que aparece en el Cuadro 3.3 se desglose en las categorías de «tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra» y de «tierra convertida a una nueva categoría de uso de la tierra». Ello depende de los requisitos metodológicos de otros capítulos de este Volumen. Si los datos de uso de la tierra no son suficientes para aplicar el Método 2 (véase más adelante), en el que es posible cuantificar las superficies totales (brutas) de conversión de la tierra, puede las emisiones y absorciones de la «tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra» (según se especifica en el Cuadro 3.2). Esto se debe a que quizá sólo se dispone de datos que permitan identificar el cambio neto de la superficie de cada categoría de uso de la tierra, y no el efecto total de todas las conversiones del uso de la tierra. Sin embargo, en general, los métodos para la estimación de las emisiones relacionadas con el suelo y la biomasa requieren que los datos de la superficie de la tierra estén divididos en categorías de «tierras que permanecen» y en categorías de «tierras convertidas a»; de modo que es conveniente -si es posible- realizar esta clasificación, aunque esta se lleve a cabo utilizando un dictamen de expertos.

Obsérvese que declarando sólo la categoría de «tierras que permanecen», las emisiones y absorciones incluirán, pero no reflejarán explícitamente un cambio en la base de la tierra dentro de una categoría de uso de la tierra (superficies diferentes, por ejemplo, por la transición neta de las superficies hacia la categoría de Tierras forestales y desde ella) a través del tiempo. Esto puede sobreestimar o subestimar las emisiones para la categoría

de «tierra que permanece igual» en particular. Un inventario completo, sin embargo, tendería a contrarrestar esto con las emisiones y absorciones de otra categoría del inventario de «tierra que permanece igual».

Es aceptable declarar una emisión de no CO₂ por categoría de fuente sin atribuirla a los usos de la tierra, siempre que las emisiones se estimen basándose en estadísticas nacionales, sin referencia a usos individuales de la tierra (por ejemplo, las emisiones de N₂O del suelo). Con frecuencia, los métodos descritos en este Volumen estiman las emisiones de esta manera por medio de estadísticas nacionales.

CUADRO 3.2 EJEMPLO DEL MÉTODO 1: DATOS DISPONIBLES DEL USO DE LA TIERRA CON COBERTURA NACIONAL TOTAL		
Momento 1	Momento 2	Conversión del uso de la tierra neto entre el Momento 1 y el Momento 2
F = 18	F = 19	Tierras forestales = +1
G = 84	G = 82	Pastizales = -2
C = 31	C = 29	Tierras de cultivo = -2
W = 0	W = 0	Humedales = 0
S = 5	S = 8	Asentamientos = +3
O = 2	O = 2	Otras tierras = 0
Suma = 140	Suma = 140	Suma = 0
Nota: F = Tierras forestales, G = Pastizales, C = Tierras de cultivo, W = Humedales, S = Asentamientos, O = Otras tierras. Los números están expresados en unidades de superficie (Mhá en este ejemplo).		

CUADRO 3.3
EJEMPLO ILUSTRATIVO DE LA ESTRATIFICACIÓN DE LOS DATOS PARA EL MÉTODO 1

Categoría de uso de la tierra/ estratos	Superficie de tierra inicial (millones de ha)	Superficie de tierra final (millones de ha)	Cambio neto en la superficie (millones de ha)	Estado
Tierras forestales totales	18	19	1	
Tierras forestales (no gestionadas)	5	5	0	No incluidas en las estimaciones del inventario
Tierras forestales (bosque continental templado convertido a otra categoría de uso de la tierra)	7	8	1	Las estimaciones deben elaborarse sobre 8 millones de ha
Tierras forestales (bosque de coníferas boreal)	6	6	0	No hay conversión del uso de la tierra Puede requerir la estratificación para los diferentes regímenes de gestión, etc.
Pastizales totales	84	82	-2	
Pastizales (sin tratar)	65	63	-2	La disminución de la superficie indica conversión del uso de la tierra. Puede requerir la estratificación para los diferentes regímenes de gestión, etc.
Pastizales (tratados)	19	19	0	No hay conversión del uso de la tierra Puede requerir la estratificación para los diferentes regímenes de gestión, etc.
Tierras de cultivo totales	31	29	-2	La disminución de la superficie indica conversión del uso de la tierra. Puede requerir la estratificación para los diferentes regímenes de gestión, etc.
Humedales totales	0	0	0	
Asentamientos totales	5	8	3	
Total de Otras tierras	2	2	0	No gestionadas – no se estiman en el inventario
TOTAL	140	140	0	Nota: Las superficies deben coincidir
Nota: «Inicial» es la categoría en el momento anterior a la fecha en la que se ha realizado la evaluación, y «Final» es la categoría en la fecha de la evaluación. Las actividades para las cuales no existen datos disponibles de ubicación, deben identificarse mediante subcategorización posterior de la categoría de la tierra apropiada.				

MÉTODO 2: SUPERFICIE DE LA TIERRA TOTAL INCLUYENDO LOS CAMBIOS ENTRE CATEGORÍAS

La característica esencial del Método 2 es que proporciona la evaluación de las pérdidas netas o ganancias en la superficie de las categorías específicas de uso de la tierra, y los que representan estas conversiones (esto es, tanto desde una categoría como hacia una categoría). De modo que, el Método 2 se diferencia del Método 1 en que incluye información sobre las conversiones entre las categorías, aunque sólo realiza un seguimiento de estos cambios sin proporcionar datos explícitos de ubicación en el espacio, basados a menudo en fronteras políticas (es decir, no se conocen las ubicaciones del uso específico de la tierra ni de las conversiones del uso de la tierra). El seguimiento de esta forma de las conversiones del uso de la tierra requiere normalmente estimar las categorías iniciales y finales del uso de la tierra para todos los tipos de conversión, así como la superficie total de tierra que no ha cambiado en cada categoría. El resultado final de este Método puede representarse como una matriz de conversión no explícita en el espacio del uso de la tierra. La matriz tiene un formato compacto para representar las superficies que provienen de distintas conversiones de entre todas las categorías posibles de uso de la tierra. Puede que las bases de datos existentes contengan detalles suficientes para aplicar este método, o puede que sea necesario obtener datos a través de otros métodos o del muestreo. Los datos de entrada pueden o no haber sido explícitos en el espacio originalmente (es decir, haber sido mapeados o de otro modo referenciados geográficamente).

En el Método 2, pueden elegirse los factores de emisión y absorción para reflejar las diferencias en la tasa de cambios del carbono según las conversiones entre dos categorías cualesquiera, y pueden también tenerse en cuenta las diferencias en las existencias de carbono iniciales asociadas con los diferentes usos de la tierra. Por ejemplo, la tasa de pérdida de carbono orgánico del suelo será normalmente mucho más alta en las tierras de cultivo que en los pastizales.

El Método 2 se ilustra en el Cuadro 3.4 utilizando los datos del ejemplo del Método 1 (Cuadro 3.3) y añadiendo la información de todas las conversiones que se producen. Tales datos pueden escribirse en una matriz con una forma más compacta que se representa en el Cuadro 3.5. Para ilustrar el valor añadido del Método 2 y el formato de matriz de conversión del uso de la tierra, se muestran en el Cuadro 3.6 los datos del Cuadro 3.5, sin la estratificación de las categorías de uso de la tierra. Puede compararse esto con la información limitada del Método 1 que aparece en el Cuadro 3.2. En el Cuadro 3.6 puede realizarse el seguimiento de las conversiones hacia las categorías de la tierra y desde éstas, mientras que en el Cuadro 3.2 sólo se detectan los cambios netos de una categoría general de uso de la tierra.

En los Cuadros 3.5 y 3.6, la superficie que aparece en las celdas diagonales representa la superficie de cada categoría de uso de la tierra que no se veía afectada por la conversión del uso de la tierra en este año de inventario. Para elaborar posteriormente las estimaciones de las emisiones y absorciones de los gases de efecto invernadero descritas en este Volumen, debe subdividirse a su vez esta superficie en la superficie que permaneció en la misma categoría de uso de la tierra, y en la superficie que se ha visto afectada por la conversión del uso de la tierra (es decir, la tierra convertida a una categoría de uso distinta) en los Y años anteriores (donde Y es el periodo de tiempo durante el cual se espera que los depósitos C hayan alcanzado el equilibrio (el periodo por defecto del IPCC es de 20 años, basado en el periodo típico para que los depósitos C del suelo alcancen el equilibrio después de la conversión del uso de la tierra)).

Por lo tanto, bajo la hipótesis por defecto para cada año de inventario, la superficie convertida a una categoría de uso de la tierra debe añadirse a la categoría de «tierra convertida a», y eliminarse de la tierra que permanece en la categoría de uso de la tierra. La superficie de tierra que pasó a la categoría de «tierra convertida a» hace 21 años (si empleamos es periodo por defecto de 20 años) debe eliminarse y añadirse a la categoría de «tierra que permanece como tal». Por ejemplo, en el Cuadro 3.5, si los datos indican que cuatro de los 56 Mh² de la categoría Pastizales han sido convertidas de las Tierras forestales hace 21 años, entonces en este inventario anual deben trasladarse cuatro a.m. de la categoría *Tierras convertidas en pastizales* a la categoría *Pastizales que permanecen como tales*.

MÉTODO 3: DATOS DE CONVERSIÓN DEL USO DE LA TIERRA EXPLÍCITOS EN EL ESPACIO

El Método 3 se caracteriza por las observaciones explícitas en el espacio de las categorías de uso de la tierra y de las conversiones del uso de la tierra, a menudo realizando el seguimiento de patrones en ubicaciones en un punto específico y/o empleando mapas cuadriculados, como los que se obtienen de las imágenes por detección remota. Los datos pueden obtenerse mediante muestreos varios, técnicas de mapeo detallado o una combinación de los dos métodos. En el Anexo 3A.4 se proporciona una visión general de los posibles métodos para desarrollar conjuntos de datos para el Método 3.

Los datos del Método 3 pueden resumirse en cuadros similares a los Cuadros 3.5 y 3.6. La ventaja principal de los datos explícitos en el espacio es que pueden utilizarse las herramientas de análisis como los Sistemas Geográficos de Información para enlazar numerosos conjuntos de datos explícitos en el espacio (como los utilizados para la estratificación), y describir en detalle las condiciones de un terreno en particular antes y después de una conversión del uso de la tierra. Esta capacidad analítica puede mejorar las estimaciones de las emisiones al alinear mejor las categorías de uso de la tierra (y las conversiones) con los estratos mapeados para la clasificación de las existencias de carbono y los factores de emisión por tipo de suelo y tipo de vegetación. Esto puede ser particularmente aplicable a la metodología de estimación de las emisiones de Nivel 3. Deben considerarse, sin embargo, aspectos como la compatibilidad y que las resoluciones espaciales sean comparables con los problemas de lograr resoluciones espaciales compatibles y comparables.

3.3.2 Utilización de los datos

La Figura 3.1 es un árbol de decisiones para ayudar en la descripción y/o en la obtención de los datos de las superficies de uso de la tierra. Los tres Métodos pueden, si se implementan adecuada y coherentemente, emplearse para elaborar estimaciones sólidas de las emisiones y absorciones de los gases de efecto invernadero. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el Método 1 quizá no detecte cambios en la biomasa, como los debidos al verdadero alcance de la deforestación y reforestación de superficies de tierra diferentes, sino sólo los debidos a la conversión neta de la superficie de la tierra desde el uso forestal al uso no forestal. En general, sólo el Método 3 permite la representación espacial necesaria como entrada para los modelos de carbono basados en la ubicación espacial.

Métodos diferentes pueden ser más efectivos en periodos de tiempo diferentes, o pueden ser necesarios para la generación de diferentes informes. Deben aplicarse métodos para hacer coincidir la serie temporal entre los diferentes periodos o usos.

CUADRO 3.4 EJEMPLO ILUSTRATIVO DE TABULACIÓN DE TODAS LAS CONVERSIONES DEL USO DE LA TIERRA PARA EL MÉTODO 2, INCLUYENDO LOS ESTRATOS DEFINIDOS A NIVEL NACIONAL			
Uso inicial de la tierra	Uso final de la tierra	Superficie de tierra, Mhá	Inclusiones / Exclusiones
Tierras forestales (no gestionadas)	Tierras forestales (no gestionadas)	5	Excluidas del inventario GEI
Tierras forestales (gestionadas, bosque continental templado)	Tierras forestales (gestionadas, bosque continental templado)	4	Incluidas en el inventario GEI
Tierras forestales (gestionadas, bosque continental templado)	Pastizales (sin tratar)	2	Incluidas en el inventario GEI
Tierras forestales (gestionadas, bosque continental templado)	Asentamientos	1	Incluidas en el inventario GEI
Tierras forestales (gestionadas, bosque de coníferas boreal)	Tierras forestales (gestionadas, bosque de coníferas boreal)	6	Incluidas en el inventario GEI
Pastizales (sin tratar)	Pastizales (sin tratar)	61	Incluidas en el inventario GEI
Pastizales (sin tratar)	Pastizales (tratados)	2	Incluidas en el inventario GEI
Pastizales (sin tratar)	Tierras forestales (gestionadas, bosque continental templado)	1	Incluidas en el inventario GEI
Pastizales (sin tratar)	Asentamientos	1	Incluidas en el inventario GEI
Pastizales (tratados)	Pastizales (tratados)	17	Incluidas en el inventario GEI
Pastizales (tratados)	Tierras forestales (gestionadas, bosque continental templado)	2	Incluidas en el inventario GEI
Tierras de cultivo	Tierras de cultivo	29	Incluidas en el inventario GEI
Tierras de cultivo	Tierras forestales (gestionadas, bosque continental templado)	1	Incluidas en el inventario GEI
Tierras de cultivo	Asentamientos	1	Incluidas en el inventario GEI
Humedales	Humedales	0	Incluidas en el inventario GEI
Asentamientos	Asentamientos	5	Incluidas en el inventario GEI
Otras tierras	Otras tierras	2	Excluidas del inventario GEI
TOTAL		140	
Nota: Los datos son la versión estratificada de los del Cuadro 3.3. Las subcategorías son definidas a nivel nacional y sólo se incluyen a efectos ilustrativos. “Inicial” es la categoría en el momento anterior a la fecha en la que se ha realizado la evaluación, y “Final” es la categoría en la fecha de la evaluación.			

CUADRO 3.5
EJEMPLO ILUSTRATIVO DE LOS DATOS DEL MÉTODO 2 EN UNA MATRIZ DE CONVERSIÓN DE USO DE LA TIERRA CON
ESTRATIFICACIÓN DE CATEGORÍAS

Inicial Final	Tierras forestales (no gestionadas)	Tierras forestales (gestionadas, bosque continental templado)	Tierras forestales (gestionadas, bosque de coníferas boreal)	Pastizales (sin tratar)	Pastizales (tratados)	Tierras de cultivo	Humedales	Asentamientos	Otras tierras	Superficie final
Tierras forestales (no gestionadas)	5									5
Tierras forestales (gestionadas, bosque continental templado)		4		1	2	1				8
Tierras forestales (gestionadas, bosque de coníferas boreal)			6							6
Pastizales (sin tratar)		2		61						63
Pastizales (tratados)				2	17					19
Tierras de cultivo						29				29
Humedales							0			0
Asentamientos		1		1		1		5		8
Otras tierras									2	2
Superficie inicial	5	7	6	65	19	31	0	5	2	140
Cambio neto	0	1	0	-2	0	-2	0	+3	0	0

Nota: Los totales de las filas y las columnas muestran la conversión neta del uso de la tierra según se presenta en el Cuadro 3.3.) «Inicial» es la categoría en el momento anterior a la fecha en que se ha realizado la evaluación, y «Final» es la categoría en la fecha de la evaluación. Los cambios netos (fila inferior) son la superficie final menos la superficie inicial para cada una de las categorías (de conversión) mostradas en el encabezado de la columna correspondiente. Una entrada en blanco indica que no hay conversión del uso de la tierra para esta transición.

CUADRO 3.6							
MATRIZ SIMPLIFICADA DE CONVERSIÓN DEL USO DE LA TIERRA PARA EL EJEMPLO DEL MÉTODO 2							
Matriz de conversión del uso neto de la tierra							
Final \ Inicial	F	G	C	W	S	O	Suma final
F	15	3	1				19
G	2	80					82
C			29				29
W				0			0
S	1	1	1		5		8
O						2	2
Suma inicial	18	84	31	0	5	2	140

Nota:
 F = Tierras forestales, G = Pastizales, C = Tierras de cultivo, W = Humedales, S = Asentamientos, O = Otras tierras.
 Los números representan las unidades de superficie (Mh  en este ejemplo).

3.3.2.1 ESTRATIFICACIÓN DE LOS DATOS DE USO DE LA TIERRA

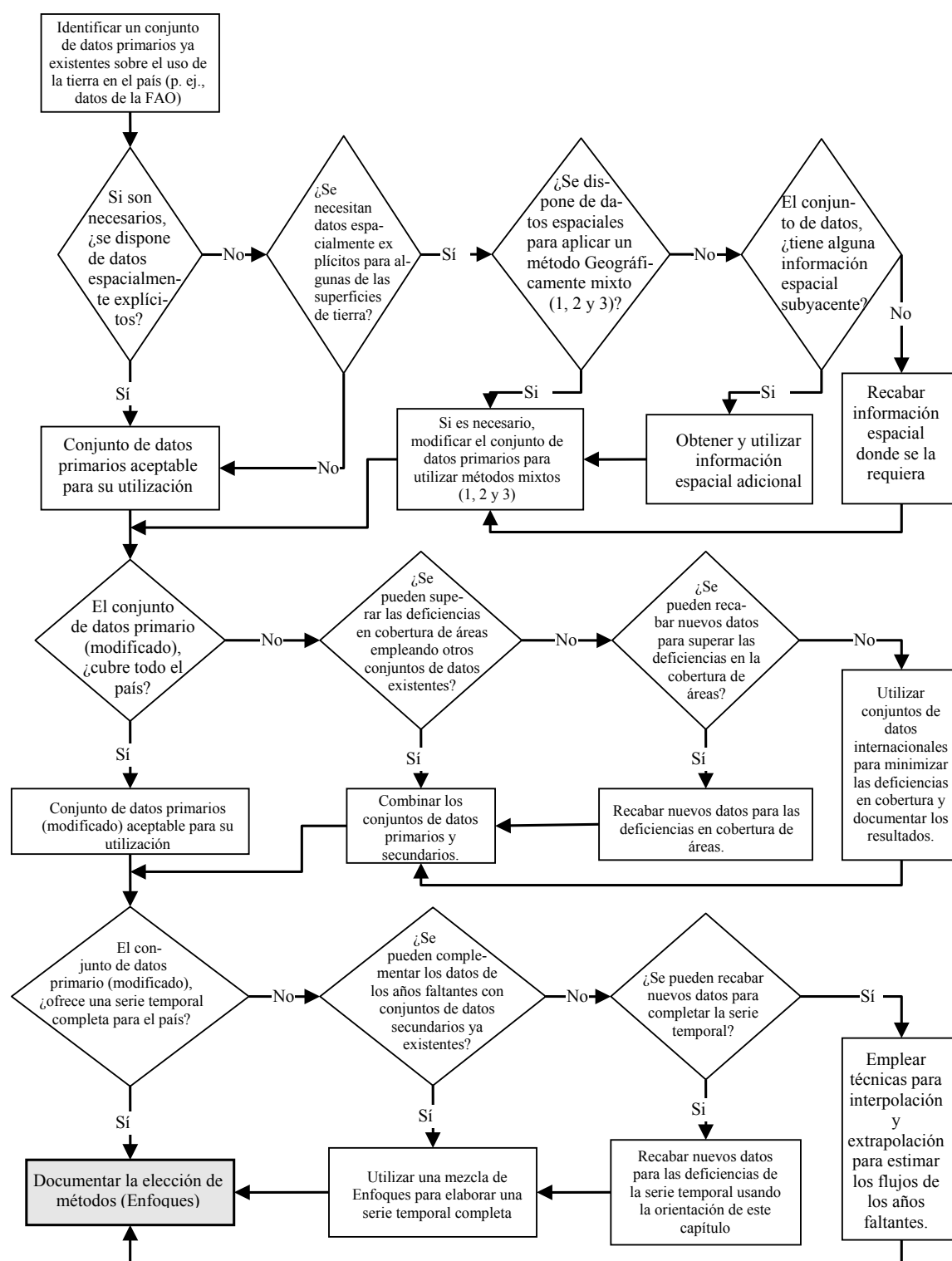
Una vez establecidos el uso de la tierra y la conversión del uso de la tierra, es necesario considerar la capacidad y la necesidad de una estratificación adicional. Puede ser necesaria para localizar datos pertinentes de capítulos posteriores, para factores de emisión, existencias de carbono, etc. El Cuadro 3.1 muestra las estratificaciones típicas para las que hay datos disponibles para la estimación de las emisiones y absorciones de Nivel 1. En los cuadros por defecto utilizadas para llenar las ecuaciones para calcular un inventario de Nivel 1, se han destacado las celdas de los datos específicos que representaban las estratificaciones predefinidas aplicadas a los inventarios de Nivel 1. Es decir, los datos por defecto de Nivel 1 (cuadros) se ajustan a una estratificación coherente, tanto que no hay cálculo posterior ni ambigüedad en la selección adecuada de los datos por defecto para completar las ecuaciones. Si los países elaboran inventarios de Nivel 2 y 3, donde es probable que los modelos de estratificación se diferencien según la información y selección específicas del país, puede ser necesario manipular o completar los datos por defecto.

A no ser que los datos de la superficie de uso de la tierra y de la estratificación sean explícitos en el espacio (Método 3), puede ser necesario el desarrollo de reglas para la asignación a los estratos. Por ejemplo, en el Método 1, para estimar los cambios en las existencias de carbono, se estratifican los datos según el clima y el tipo de suelo. En condiciones óptimas, se puede reducir la cantidad de datos de uso de la tierra para determinar la proporción de los usos de la tierra en cada clima o tipo de suelo, teniendo en cuenta la información auxiliar y el conocimiento de los expertos. Si esta reducción no es posible, todavía puede llevarse a cabo la estimación del inventario, pero las estimaciones de emisiones y absorciones deben reflejar las incertidumbres en la asignación de los factores de cambio de las emisiones/existencias (y los parámetros asociados) que varían según el clima y el suelo.

Es posible que sólo se disponga de datos de gestión empleando el formato del Método 1 (por ejemplo, si se considera el conocimiento de los expertos, los sondeos periódicos de diferentes grupos de terratenientes) incluso si hay datos disponibles para aplicar el Método 2 o 3 para las categorías disponibles de uso de la tierra. En este caso, puede reducirse la gestión en proporción a la práctica de gestión (por ejemplo, % no cultivado, cultivo intensivo y cultivo reducido) en cada categoría de uso de la «tierra que permanece igual» y de la «tierra convertida». Esto es una hipótesis limitante si las clases de gestión no están uniformemente distribuidas, puesto que el impacto de la gestión sobre las emisiones o absorciones depende de la categoría de uso de la tierra.

Los métodos de Nivel 2 y 3 pueden también evaluar las interacciones entre las prácticas de gestión que afectan los factores de cambio de las emisiones/existencias. La determinación de las combinaciones adecuadas de gestión es otra cuestión que necesita especial consideración. Habitualmente, los métodos de Nivel 1 no consideran las tendencias temporales de los factores de cambio de las emisiones/existencias (suponen que el cambio es lineal) ni tienen en cuenta las interacciones entre las prácticas de gestión de un uso específico de la tierra; sino que representan el efecto medio. En consecuencia, la asignación de los factores de cambio de existencias/emisiones puede ser más complicada con métodos de nivel superior y requiere una explicación más cuidadosa de los procesos de escalamiento que fueron empleados para delinear las combinaciones adecuadas de clima, suelo, zonas ecológicas y/o sistemas de gestión.

Figura 3.1 **Árbol de decisiones para la preparación de los datos de la superficie de uso de la tierra**



3.3.2.2 PREPARACIÓN DE LOS DATOS DE SUPERFICIE PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES Y ABSORCIONES

La preparación de un inventario de gases de efecto invernadero para AFOLU requiere la integración de los datos de la superficie de uso de la tierra con los datos de la gestión de la tierra y la biomasa, la materia orgánica muerta y los depósitos de las existencias de carbono del suelo, para estimar los cambios en las existencias de carbono y las emisiones y absorciones de CO₂ y de no CO₂ asociadas con el uso de la tierra. Según el tipo de datos disponibles (Método 1, 2 o 3), hay implicaciones para el uso posterior de los datos para la preparación de las estimaciones de las emisiones y absorciones, según el marco general de conversión del uso de la tierra representado en los cuadros de generación de informes.

Los países que tienen acceso sólo a los datos del Método 1 tienen dos opciones para declarar las conversiones de las categorías de uso de la tierra. Las superficies totales de las categorías de «tierra que permanece en un uso de la tierra» pueden incluir alguna porción de tierra que fue convertida a ese uso desde el último inventario. Los países deben, siempre que sea posible, repartir el cambio de las superficies de uso de la tierra a través del tiempo, en las categorías de conversión del uso de la tierra inferidas con el objeto de determinar las estimaciones adecuadas de las existencias de carbono y del factor de emisión. Por ejemplo, un país con 1 Mha de bosque, 1 000 ha de deforestación y 1 000 ha de forestación tiene un cambio neto de cero en la superficie de Tierras forestales (suponiendo que estos cambios se produjeron en tierra gestionada), pero tendrá una reducción en las existencias de C de la biomasa forestal, al menos hasta que vuelva a crecer lo suficiente. Será necesario que las decisiones posteriores contemplen estas supuestas conversiones de la superficie inferidas entre las categorías de uso de la tierra a la gestión de la tierra adecuada, la biomasa y las existencias de C del suelo y los factores de emisión. Luego, los países deben declarar la base para estas decisiones, y de cualquier método de verificación o verificación cruzada de las estimaciones que haya sido aplicado, y de los efectos en la incertidumbre del inventario. Si no se ha llevado a cabo este reparto, los países deben indicarlo, y declarar el efecto en las incertidumbres asociadas en caso de realizarlo.

Para los países que dispongan de datos del Método 2, si se tiene información de las superficies de cada conversión del uso de la tierra pero no es explícita en el espacio, aún es preciso vincular estas estimaciones de superficie con las existencias de carbono iniciales, factores de emisión apropiados, etc. En algunos casos, puede ser necesario asignar los datos de conversión del uso de la tierra al clima y/o al tipo de vegetación, suelo y de estratos de gestión. De nuevo, puede llevarse a cabo mediante alguna forma de muestreo, escalada o dictamen de expertos. Los países deben declarar la base para tomar estas decisiones, y cualquier método aplicado para verificación o verificación cruzada de estimaciones.

Para los países que utilicen los datos del Método 3, es posible distribuir las superficies de conversión del uso de la tierra en el espacio, cruzando los datos con otros conjuntos de datos espaciales, como el clima y/o el tipo de vegetación, el suelo y los estratos de gestión. No obstante, es probable que se necesite la deducción, por ejemplo, basada en los datos de sondeos y en los dictámenes de expertos, para distribuir la conversión del uso de la tierra y los datos biofísicos por prácticas de gestión, dado que los datos de estas prácticas raramente están disponibles en formatos explícitos en el espacio.

3.4 CORRESPONDENCIA DE LAS SUPERFICIES DE TIERRA CON LOS FACTORES PARA ESTIMAR LAS EMISIONES Y ABSORCIONES DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO

Esta sección proporciona una breve orientación sobre la correspondencia de los datos de la superficie de uso de la tierra con las existencias de carbono, los factores de emisión y otros datos pertinentes (por ejemplo, las existencias de biomasa forestal, el incremento neto anual medio) para estimar las emisiones y absorciones de los gases de efecto invernadero. Un paso inicial en la elaboración de las estimaciones del inventario anual es la recopilación de los datos necesarios de la actividad (es decir, superficies de uso de la tierra) y hacerlas corresponder con las existencias apropiadas de carbono, los factores de emisión y absorción y otros datos pertinentes.

Este Volumen proporciona los datos por defecto (marcados específicamente) necesarios para hacer las estimaciones de Nivel 1 para todas las categorías AFOLU según el clima indicado y las estratificaciones de la zona ecológica. Además, los países pueden desarrollar la existencia de carbono específica del país, los factores de emisión y absorción y otros datos pertinentes (métodos de inventario de Niveles 2 y 3). Lo que viene a

continuación resume los principios a seguir cuando se quiere hacer corresponder los datos de la actividad con las existencias de carbono, los factores de emisión y absorción y otros datos pertinentes:

- hacer corresponder las clasificaciones nacionales de la superficie de uso de la tierra con tantas categorías de uso de la tierra como sea posible;
- si las clasificaciones nacionales de uso de la tierra no se ajustan a las categorías de uso de la tierra de estas directrices, documentar la relación entre los sistemas de clasificación;
- usar las clasificaciones de manera coherente a través del tiempo y, cuando sea necesario, documentar cualquier modificación realizada a los sistemas de clasificación;
- documentar las definiciones de las categorías de la tierra, las estimaciones del uso de la tierra y cómo se corresponden con los factores de emisión y absorción; y,
- hacer corresponder cada categoría o subcategoría de uso de la tierra con las estimaciones de carbono, factores de emisión y absorción y otros datos pertinentes más apropiados.

A continuación, se indican los pasos recomendados para hacer corresponder las superficies de tierra con los factores de emisión y absorción:

Comenzar con la estratificación de la superficie de uso de la tierra más desagregada, así como con los factores de emisión y absorción más detallados disponibles, necesarios para hacer una estimación. Por ejemplo, las metodologías de Tierras forestales, descritas en el Capítulo 4 de este Volumen, proporcionan un factor por defecto para las existencias de biomasa aérea en las plantaciones forestales que está desagregada en la estratificación más detallada, relativa a otros factores (como al tipo de bosque, la región, el grupo de especies, la clase de edad y el clima). Se utilizan estos estratos como base inicial de estratificación.

Incluir sólo aquellos estratos aplicables en su país y utilizarlos como base para la estratificación.

Haga corresponder las estimaciones del uso de la tierra con la estratificación base al nivel más desagregado posible. Puede que los países necesiten utilizar los dictámenes de los expertos para alinear las mejores estimaciones disponibles de la superficie de uso de la tierra con la estratificación base.

Trazar el mapa de los factores de emisión y absorción sobre la estratificación base haciéndolos corresponder lo máximo posible con las categorías de estratificación. Nótese que muchos de los cambios por defecto de las existencias y de los factores de emisión y otros parámetros de las ecuaciones de Nivel 1 (por defecto) fueron derivados estadísticamente para estratos definidos (por ejemplo, el tipo de clima, de suelo) de modo que los países que deseen utilizar los métodos de Nivel 1 para estas emisiones y absorciones deben estratificar las categorías de uso de la tierra utilizando definiciones como las especificadas para los factores de cambio de Nivel 1 y los parámetros.

Si una clasificación nacional de uso de la tierra encaja con las categorías de uso de la tierra (y subcategorías), facilita la correspondencia de los factores de emisión y absorción que siguen la misma clasificación. Por ejemplo, los factores de carbono del suelo para las tierras forestales, tierras de cultivo y pastizales están desagregados por las mismas regiones climáticas (véase el Anexo 3A.5). Por lo tanto, puede utilizarse la misma clasificación de la superficie de tierra para estimar los cambios de carbono en el suelo en cada categoría de uso de la tierra, lo que permite el seguimiento coherente de las tierras y flujos de carbono de las tierras resultante de las conversiones de categoría de uso de la tierra.

Los países pueden encontrar que las clasificaciones nacionales de la tierra cambian a través del tiempo a medida que cambian las circunstancias del país y que existen datos más detallados de la actividad y factores de emisión/absorción. En algunos casos, la estratificación se elabora con la incorporación de factores de emisión y absorción más detallados. En otros casos, se establecen nuevos sistemas de estratificación cuando los países instrumentan nuevos inventarios de bosques o nuevos sistemas de muestreo por detección remota. Si se producen cambios de la estratificación del sistema, los países deben recalcular la serie temporal completa de las estimaciones empleando una nueva estratificación si es posible.

3.5 INCERTIDUMBRES ASOCIADAS CON LOS MÉTODOS

Las incertidumbres deben ser cuantificadas y reducidas tanto como sea posible. Es necesario estimar la incertidumbre del uso de la tierra, al ser éste uno de los factores necesarios para el análisis de la incertidumbre total. Aunque la incertidumbre asociada con los Métodos (1 a 3) depende obviamente de lo bien que se lleven a cabo, es posible dar una indicación de lo que en la práctica puede conseguirse. El cuadro 3.7 establece las *fuentes* de incertidumbre (no su importancia) para los diferentes Métodos. Proporciona una guía de las fuentes de

incertidumbre, niveles indicativos de incertidumbre en ciertas condiciones que se pueden encontrar, y una base para reducir las incertidumbres.

La cantidad de posibles fuentes de incertidumbre en las estimaciones de superficie tiende a incrementarse desde el Método 1 al 3, puesto que se incorporan sucesivamente más datos a la evaluación. Sin embargo, esto no implica que se incremente la incertidumbre, dadas las pruebas cruzadas adicionales que son posibles gracias a los datos nuevos y por la reducción general en las incertidumbres debida a la cancelación de errores. La diferencia principal existente entre el Método 1 y el Método 2 y 3 es que los porcentajes de incertidumbres de la conversión entre usos de la tierra son probablemente mayores en el Método 1 (si se conocen). Ello es porque en el Método 1, las conversiones del uso de la tierra se derivan de las diferencias (cambio neto) de las superficies totales. El efecto de la incertidumbre del Método 1 sobre las emisiones y absorciones de las conversiones depende de la cantidad relativa de conversión de tierra en el país, como fracción de la superficie de tierra total. El Método 3 proporciona información detallada explícita en el espacio, que puede ser necesaria, por ejemplo, para algunos métodos de modelización para la estimación de las emisiones.

CUADRO 3.7
RESUMEN DE LAS INCERTIDUMBRES DE LOS MÉTODOS 1 A 3

	Fuentes de incertidumbre	Formas de reducir la incertidumbre	Incetidumbre indicativa siguiendo las
Método 1:	Las fuentes de incertidumbre pueden incluir algunas o todas las siguientes, según la naturaleza de la fuente de los datos: Error en los resultados de los censos Diferencias en la definición entre los organismos Diseño del muestreo Error de muestreo Interpretación de las muestras Sólo se conoce el cambio neto de la superficie Además: Las verificaciones cruzadas de los cambios de la superficie entre las categorías no pueden llevarse a cabo en el Método 1, lo que tiende a incrementar las incertidumbres.	• Comprobar que la relación con la superficie nacional sea coherente • Corregir las diferencias en las definiciones • Consultar a los organismos de estadísticas sobre las incertidumbres a considerar • Comparar con los conjuntos de datos internacionales	Desde algún punto porcentual hasta el 10 % del total de la superficie de tierra de cada categoría. El mayor porcentaje de incertidumbre es debido a los cambios en la superficie como resultado de los sucesivos sondeos. Los errores sistemáticos pueden ser significativos si los datos utilizados han sido elaborados para otros propósitos.
Método 2:	Igual que en el Método 1, salvo que se conocen los cambios en la superficie, con la posibilidad de realizar verificaciones cruzadas	Igual que para el método anterior, más la verificación de la coherencia entre los cambios entre categorías dentro de la matriz	Desde algún punto porcentual hasta el 10 % del total de la superficie de tierra de cada categoría, y mayor para los cambios de superficie, puesto que éstos se derivan directamente.
Método 3:	Igual que en el Método 2 más las incertidumbres relacionadas con la interpretación de los datos obtenidos por detección remota, y restando cualquier incertidumbre de muestreo	Igual que en el método 2 más el análisis formal de la incertidumbre utilizando los principios expuestos en el Capítulo 3 del Volumen 1	Igual que en el Método 2, salvo que las superficies consideradas pueden identificarse geográficamente. No obstante, en el Método 3, puede estimarse la incertidumbre más exactamente que en el Método 2 porque se mapean los errores y se puede comprobar con datos/verificación de campo.

Anexo 3A.1 ²Ejemplos de conjuntos de datos de la cubierta terrestre internacional

CUADRO 3A.1.1 EJEMPLOS DE CONJUNTOS DE DATOS DE LA CUBIERTA TERRESTRE INTERNACIONAL				
	(A)	(B)	(C)	(D)
Nombre del conjunto de datos	Cubierta terrestre a nivel mundial cada 4 minutos, por la Asociación Asiática para la Detección Remota (AARS, del inglés <i>Asian Association On Remote Sensing</i>)	Programa Internacional de la Geosfera–Biosfera – Datos y Servicios de Información (IGBP – DIS, del inglés <i>International Geosphere-Biosphere Program – Data & Information Services</i>). Conjunto de datos a nivel global cada 1 km de la cubierta terrestre	Conjunto de datos a nivel mundial de la cubierta terrestre	Conjunto de datos a nivel mundial de la cubierta terrestre
Autor	Centro para la Detección Remota Ambiental, Universidad de Chiba	IGBP/DIS	Sondeo Geológico de Estados Unidos (USGS, del inglés, <i>United States Geological Survey</i>), EE.UU.	Servicio de la Cubierta Terrestre a nivel Mundial (GLCF, del inglés <i>Global Land Cover Facility</i>)
Breve descripción de los contenidos	Las clases de cubierta terrestre se identifican a través de los datos mensuales del muestreo por conglomerados del Radiómetro Avanzado de Muy Alta Resolución (AVHRR, del inglés <i>Advanced Very High Resolution Radiometer</i>) de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, del inglés <i>National Oceanic & Atmospheric Administration</i>).	Esta clasificación se deriva de los datos tomados cada 1 km del AVHRR y de los datos auxiliares.	El conjunto de datos se deriva de una estructura de base de datos flexible y de los conceptos de regiones de cubierta terrestre estacional	La métrica que describe la dinámica temporal de la vegetación se aplicó a los datos PAL de 1984, con una resolución de 8 km, para obtener un producto de clasificación de la cubierta terrestre a nivel mundial empleando un clasificador de árbol de decisiones.
Modelo de clasificación	Se aplica el modelo de clasificación original. Compatible con el modelo de clasificación IGBP/DIS.	Está compuesto por 17 clases.	Se utiliza un método de convergencia de pruebas para determinar el tipo de cubierta terrestre de cada clase de cubierta terrestre estacional.	La clasificación se obtuvo ensayando varias métricas que describen la dinámica temporal de la vegetación en un ciclo anual.
Formato de los datos	Trama	Trama	Trama	Trama
Cobertura espacial	Mundial	Mundial	Mundial	Mundial
Año de adquisición de	1990	1992-1993	Abril de 1992 a marzo de 1993	1987

² Estas bases de datos son principalmente sobre la cubierta terrestre y/o el cambio de ésta. Poco se refiere al uso real de la tierra.

CUADRO 3A.1.1 (CONTINUACIÓN)
EJEMPLOS DE CONJUNTOS DE DATOS DE LA CUBIERTA TERRESTRE INTERNACIONAL

	(A)	(B)	(C)	(D)
Resolución espacial o	4min x 4min.	1km x 1km	1km x 1km	8km x 8km
Intervalo de revisión (para los conjuntos de	No aplicable	No aplicable	No aplicable	No aplicable
Descripción de la calidad	Los datos reales de la tierra se comparan con los conjuntos de datos.	Imágenes de alta resolución vía satélite utilizadas para validar estadísticamente el conjunto de datos.	Exactitud del punto de muestra: 59,4% . Exactitud ponderada de la superficie: 66,9% (Scepan, 1999).	No hay descripción
Dirección de contacto y URL de referencia	http://ceres.cr.chiba-u.ac.jp:8080/usr-dir/	http://www.ngdc.noaa.gov/paleo/	http://edcdaac.usgs.gov/glcc/	http://glcf.umiacs.umd.edu/

CUADRO 3A.1.1 (CONTINUACIÓN) EJEMPLOS DE CONJUNTOS DE DATOS DE LA CUBIERTA TERRESTRE INTERNACIONAL					
	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)
Modelo de clasificación	Mapa de 13 clases	Está compuesto por el mapa digital de 13 clases	Utiliza una nomenclatura de 44 clases	8 aspectos de la Agricultura / Extracción y 7 aspectos de la cubierta superficial	Véase: http://www.iscgm.org/
Formato de los datos (vector/trama)	Trama y vector	Trama	Trama	Polígonos vectoriales	Trama y vector

CUADRO 3A.1.1 (CONTINUACIÓN) EJEMPLOS DE CONJUNTOS DE DATOS DE LA CUBIERTA TERRESTRE INTERNACIONAL					
	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)
Año de adquisición de los datos	Varios	1987	Depende del país (el lapso de tiempo total va de 1985 a 1995 aproximadamente)	Basado en los ONCs del Organismo Cartográfico de Defensa de los Estados Unidos. Periodo de 1970-80. Véase la capa de fechas de Compilación.	Depende de los países participantes.
Resolución espacial o tamaño de la cuadrícula	Cuadrícula de 30m x 30m	1 x 1 grado	Base de datos con cuadrícula de 250m x 250m que ha sido elaborada a partir de los datos del vector original a escala 1:100 000.	Escala 1:1 000 000	Cuadrículas de 1km x 1km
Intervalo de revisión (para los conjuntos de datos de series temporales)	No aplicable	No aplicable	Proyecto de actualización CLC de 2000 para actualizar los datos de 1990	No aplicable	Intervalos de aproximadamente cinco años
Descripción de la calidad	No hay descripción	No hay descripción	No se dispone de información específica. Véase http://dataservice.eea.eu.int/dataservice/ ; para consultar la información del país.	La información de la calidad de los datos se encuentra en la base de datos en tres niveles: aspecto, capa y fuente.	Véase: http://www.iscgm.org/
Dirección de contacto y URL de referencia	http://www.mdafederal.com/geocover/project	http://www.geog.umd.edu/landcover/	dataservice@eea.eu.int http://www.terrestrial.eionet.eu.int/	http://www.esri.com/data/	sec@iscgm.org http://www.iscgm.org/

Anexo 3A.2 Desarrollo de las bases de datos de uso de la tierra

Hay tres fuentes generales de datos para elaborar las bases de datos de uso de la tierra necesarias para los inventarios de gases de efecto invernadero:

- bases de datos elaboradas para otros propósitos;
- recopilación por muestreo, e
- inventario completo de la tierra.

Las subsecciones siguientes proporcionan recomendaciones generales sobre el uso de estos tipos de datos. Los elaboradores del inventario de gases de efecto invernadero pueden no dedicarse a la recopilación detallada de los datos obtenidos por detección remota o en los datos del sondeo del suelo, pero pueden utilizar la orientación que aquí se proporciona para ayudar a mejorar el plan de inventario y comunicarse con los expertos en estas áreas.

3A.2.1 USO DE LOS DATOS ELABORADOS PARA OTROS PROPÓSITOS

Pueden emplearse dos tipos de bases de datos disponibles para clasificar la tierra. En muchos países, se dispone de conjuntos de datos nacionales del tipo que se analiza a continuación. En caso contrario, quienes compilan el inventario pueden utilizar los conjuntos de datos internacionales. A continuación, se describen ambos tipos de bases de datos.

BASES DE DATOS NACIONALES

Habitualmente, están basadas en datos existentes y actualizadas en forma anual o periódica. Las fuentes típicas de datos incluyen los inventarios forestales, el censo agrícola y otros sondeos; los censos de la tierra urbana y natural, los datos del registro de la tierra y los mapas.

BASES DE DATOS INTERNACIONALES

Han sido acometidos varios proyectos para desarrollar conjuntos de datos a nivel internacional del uso de la tierra y de la cubierta terrestre a escala desde regional hasta mundial (en el Anexo 3A.1 se enumeran algunos de estos conjuntos de datos). Casi todos se almacenan como datos de trama, generados empleando varios tipos de imágenes de detección remota vía satélite, completados con datos de referencia del suelo obtenidos con sondeos de campo o por comparación con los mapas o las estadísticas existentes. Estos conjuntos de datos se pueden usar para:

- Estimar la distribución espacial de las categorías de uso de la tierra. Los inventarios convencionales suelen proporcionar sólo la suma total de la superficie de uso de la tierra por clases. La distribución espacial puede reconstruirse utilizando datos internacionales del uso de la tierra y de la cubierta terrestre como datos auxiliares si no se dispone de datos nacionales.
- Evaluación de la fiabilidad de los conjuntos de datos del uso de la tierra existente. La comparación entre conjuntos independientes de datos nacionales e internacionales puede indicar discrepancias aparentes. Comprenderlo puede incrementar la confianza en los datos nacionales y/o mejorar la utilización de los datos internacionales, si se necesitan para propósitos como la extrapolación.
- Cuando se usen conjuntos de datos internacionales, los compiladores del inventario deben considerar lo siguiente:
 - (i) El modelo de clasificación (por ejemplo, la definición de las clases de uso de la tierra y sus relaciones) puede diferir de aquél que tiene el sistema nacional. Se necesita establecer la equivalencia entre los sistemas de clasificación utilizados por el país y los sistemas descritos en la Sección 3.2 (categorías de uso de la tierra), contactando con el organismo internacional y comparando sus definiciones con las utilizadas a nivel nacional.
 - (ii) La resolución espacial (típicamente de 1 km nominal, pero algunas veces de un orden más de magnitud en la práctica) puede ser gruesa, de modo que puede ser necesaria la agrupación de los datos para mejorar la comparabilidad.
 - (iii) Puede que la clasificación sea exacta y que se cometan errores en la georreferencia, aunque se realizan normalmente pruebas de exactitud en sitios de muestra. Los organismos responsables deben tener los detalles sobre los aspectos de la clasificación y las pruebas realizadas.

- (iv) Como ocurre con los datos nacionales, quizá sea necesario interpolar o extrapolar para desarrollar estimaciones para los lapsos de tiempo que se correspondan con las fechas requeridas para la declaración.

3A.2.2 RECOPIACIÓN DE NUEVOS DATOS MEDIANTE MÉTODOS DE MUESTREO

Las técnicas de muestreo para estimar las superficies y los cambios en las superficies se aplican en situaciones en las que los datos obtenidos por medición directa de campo o evaluaciones utilizando técnicas de detección remota no son verosímiles ni proporcionan resultados inexactos. Deben utilizarse conceptos de muestreo que tengan en cuenta los procedimientos de estimación, que sean coherentes e insesgados y que den como resultado estimaciones precisas.

El muestreo normalmente incluye un conjunto de unidades de muestreo que se sitúan sobre una cuadrícula dentro de la superficie del inventario. A cada unidad de muestreo, se le asigna después una clase de uso de la tierra. Las unidades de muestreo pueden utilizarse para obtener las proporciones de las categorías de uso de la tierra dentro de la superficie del inventario. Al multiplicar las proporciones por la superficie total se obtienen las estimaciones de la superficie de cada categoría de uso de la tierra. Si no se conoce la superficie total, se supone que cada unidad de muestreo representa una superficie específica. La superficie de la categoría de uso de la tierra puede, entonces, estimarse a través del número de unidades de muestreo que se encuentran dentro de esta categoría.

Si se repite consecutivamente el muestreo de las superficies, pueden obtenerse los cambios a través del tiempo y construirse matrices de conversión del uso de la tierra.

Aplicar un tipo de evaluación de la superficie basado en el muestreo permite calcular los errores de muestreo y los intervalos de confianza que cuantifican la fiabilidad de las estimaciones de la superficie en cada categoría. Los intervalos de confianza se utilizan para comprobar si los cambios de la superficie de la categoría observados son estadísticamente significativos y reflejan cambios significativos.

El Anexo 3A.3 proporciona más información sobre el muestreo.

3A.2.3 RECOPIACIÓN DE NUEVOS DATOS EN INVENTARIOS COMPLETOS

El inventario completo del uso de la tierra de toda la superficie de un país implica la obtención de mapas del uso de la tierra a lo largo de todo el país y a intervalos de tiempo regulares. Esto puede conseguirse empleando técnicas de detección remota. Como se describió en el Método 3, los datos podrán utilizarse más fácilmente si están basados en Sistemas de Información Geográfica (GIS), sobre un conjunto de celdas cuadriculadas o polígonos y apoyados por los datos reales del suelo necesarios para conseguir una interpretación insesgada. Los datos de escala más gruesa, pueden utilizarse para elaborar los datos del país en su conjunto o de las regiones apropiadas.

El inventario completo también puede obtenerse mediante los sondeos de todos los propietarios de las tierras; cada uno de ellos debe proporcionar los datos adecuados en el caso de que posean muchos terrenos diferentes. Los problemas inherentes de este método son la obtención de los datos a escalas inferiores al tamaño de la tierra del propietario y las dificultades de garantizar la cobertura completa sin superposición parcial.

3A.2.4 HERRAMIENTAS PARA LA RECOPIACIÓN DE LOS DATOS

TÉCNICAS DE DETECCIÓN REMOTA (RS, DEL INGLÉS *REMOTE SENSING*)

Los datos obtenidos por detección remota que se analizan aquí son los que adquieren los sensores (ópticos, radar o lidar) a bordo de los satélites, o los que se obtienen mediante las cámaras equipadas con películas ópticas o infrarrojas instaladas en los aviones. Estos datos suelen clasificarse para proporcionar estimaciones de la cubierta terrestre y su superficie correspondiente, y habitualmente necesitan datos de sondeos para que pueda estimarse la exactitud de la clasificación. La clasificación puede realizarse bien mediante el análisis visual de las imágenes o fotografías o bien mediante métodos digitales (informatizados). El punto fuerte de la detección remota reside en su capacidad para proporcionar información explícita en el espacio y cobertura repetitiva, incluyendo la posibilidad de cubrir grandes y/o remotas superficies a las que sería difícil acceder de otro modo. Los archivos

de datos antiguos obtenidos por detección remota abarcan también varias décadas y pueden, por tanto, utilizarse para reconstruir series temporales pasadas de la cubierta terrestre y del uso de la tierra. El desafío de la detección remota está relacionado con el problema de la interpretación: las imágenes han de traducirse en información significativa de la cubierta terrestre y del uso de la tierra. Según el sensor del satélite, la adquisición de datos puede verse afectada por la presencia de nubes y neblina. Otro aspecto a tener en cuenta, especialmente cuando se comparan los datos en largos periodos de tiempo, es que los sistemas de detección remota pueden cambiar. La detección remota es especialmente útil para obtener estimaciones de superficie de la cubierta terrestre y de las categorías de uso de la tierra, y para ayudar en la identificación de superficies relativamente homogéneas que pueda orientar sobre la selección de los modelos de muestreo y el número de muestras a recopilar.

Tipos de datos de detección remota (RS)

Los tipos de datos RS más usados son: 1) fotografías aéreas, 2) imágenes de un satélite que utiliza el espectro visible y/o el cercano al infrarrojo, 3) imágenes de un satélite o de un radar aerotransportado y, 4) un lidar (LIDAR, del inglés *Light Detection and Ranging*, detección y medición a través de la luz). Las combinaciones de los diferentes tipos de datos de detección remota (por ejemplo, visible/infrarrojo y radar, diferentes resoluciones espaciales o espectrales) pueden ser utilizados muy bien para determinar las diferentes categorías de uso de la tierra o regiones. Un sistema completo de detección remota, para llevar a cabo el seguimiento de las conversiones en el uso de la tierra puede incluir muchos sensores y combinaciones de tipos de datos con una amplia gama de resoluciones.

Algunos criterios importantes para seleccionar los datos y productos de la detección remota son:

- Modelo adecuado de categorización del uso de la tierra;
- Resolución espacial apropiada;
- Resolución temporal apropiada para estimar la conversión del uso de la tierra;
- Disponibilidad de la evaluación de la exactitud;
- Aplicación de métodos transparentes en la adquisición de datos y el procesamiento; y
- Coherencia y disponibilidad a través del tiempo.

1. Fotografías aéreas

El análisis de las fotografías aéreas puede revelar especies de árboles forestales y estructura forestal de la que puede deducirse la distribución de edades relativa y la salud de los árboles (por ejemplo, la pérdida de las agujas en los bosques de coníferas, la pérdida de hojas y los esfuerzos en los bosques deciduos). En la agricultura, el análisis puede mostrar las especies de cultivo, los esfuerzos de las tierras de cultivo, y la cubierta de árboles en los sistemas de agro-silvicultura. La unidad espacial más pequeña posible para la evaluación depende del tipo de foto aérea utilizada, pero para los productos normalizados es, a menudo, de 1 metro cuadrado.

2. Imágenes de satélite en longitudes de onda visibles y cercanas al infrarrojo

El uso de imágenes satélite facilita determinación tanto del uso completo de la tierra como de la cubierta terrestre en grandes superficies (a nivel nacional o regional). Es posible obtener grandes series temporales de datos del área deseada, puesto que el satélite pasa regular y continuamente sobre ella. Con frecuencia, las imágenes generan un mosaico detallado de las diversas categorías, pero la identificación de la cubierta terrestre apropiada y de las categorías de uso de la tierra requiere los datos de referencia del suelo de los mapas o de los sondeos en campo. La unidad más pequeña que puede identificarse depende de la resolución espacial del sensor y de la escala del trabajo. Los sistemas de sensores más comunes tienen una resolución espacial de 20 – 30 metros. Con una resolución espacial de 30 metros, por ejemplo, pueden identificarse unidades de 1 ha. También hay disponibles datos de satélites con más alta resolución.

3. Imágenes de radar

Los tipos de datos de radar más comunes son los que provienen de los denominados sistemas Radar de Apertura Sintética (SAR, del inglés *Synthetic Aperture Radar*) que funcionan con frecuencias de microondas. La ventaja principal de estos sistemas es que pueden atravesar las nubes y la neblina, y adquirir datos por la noche. Pueden ser, por tanto, la única fuente fiable de datos obtenidos por detección remota en muchas zonas del mundo con cobertura de nubes casi permanente. Utilizando diferentes longitudes de onda y distintas polarizaciones, los sistemas SAR son capaces de distinguir las categorías de la cubierta terrestre (por ejemplo, bosque/no bosque), o el contenido de biomasa o de vegetación, aunque hay en este momento algunas limitaciones con biomásas altas debido a la saturación de la señal.

4. Lidar

Datos de referencia del suelo

Para que puedan utilizarse los datos de la detección remota en los inventarios, y en particular, para esbozar desde la cubierta terrestre hasta el uso de la tierra es una *buena práctica* complementar los datos obtenidos por detección remota con los datos de referencia del suelo (a menudo denominados datos de la realidad del suelo). Los datos de referencia del suelo pueden recopilarse de forma independiente u obtenerse de los inventarios forestales o agrícolas. Los usos de la tierra que cambian rápidamente dentro del periodo de estimación o que tienen una cubierta de vegetación que se sabe puede ser mal clasificada con facilidad deben ser verificados de forma más intensiva que otras superficies. Esto sólo puede llevarse a cabo utilizando los datos de referencia del suelo, preferentemente de los sondeos del suelo real obtenidos de manera independiente. También pueden ser útiles las fotografías de alta resolución.

Integración de la detección remota con el GIS

La interpretación visual de imágenes se utiliza a menudo para identificar los sitios de muestreo para los inventarios de silvicultura. El método es simple y fiable. Sin embargo, es una labor intensiva y, por lo tanto, restringida a superficies limitadas, y puede estar afectada por las interpretaciones subjetivas de diferentes operadores.

El uso pleno de la detección remota requiere muchas veces la integración de la extensa cobertura que puede proporcionar con medidas puntuales terrestres, o con datos de mapeo para representar las superficies asociadas con usos particulares de la tierra en el espacio y en el tiempo. Suele conseguirse con un costo más eficiente utilizando un sistema de geográfico de información (GIS).

Clasificación de la cubierta terrestre utilizando los datos de detección remota

La clasificación de la cobertura terrestre utilizando los datos de detección remota puede realizarse mediante análisis visual o digital (informatizado). Cada uno tiene ventajas y desventajas. El análisis visual de las imágenes permite la deducción humana a través de la evaluación de las características globales de la escena (análisis de los aspectos del contexto en la imagen). La clasificación digital, por otra parte, permite realizar algunas manipulaciones con los datos, tales como la fusión de diferentes datos espectrales, que pueden ayudar a mejorar la modelización de los datos biofísicos del suelo (como el diámetro del árbol, la altura, la superficie de la base, la biomasa) utilizando datos de detección remota. Además, el análisis digital permite la computación inmediata de las superficies asociadas con las diferentes categorías de la tierra. Se desarrolló con rapidez durante la década pasada, junto con el desarrollo técnico informático asociado, la fabricación del hardware, el software y también los datos del satélite, disponibles fácilmente con un bajo coste en muchos países, aunque la capacidad para usar estos datos y las instalaciones puedan haber sido tercerizadas, particularmente el mapeo a nivel nacional.

Detección de la conversión del uso de la tierra utilizando RS

La detección remota puede utilizarse para detectar ubicaciones de cambio. Los métodos de detección de cambio pueden dividirse en dos categorías (Singh, 1989):

Detección del cambio en la post-clasificación: se trata de técnicas que se aplican donde existen dos o más clasificaciones predefinidas de la cubierta terrestre/uso de la tierra en diferentes momentos, y en las que se detectan los cambios, normalmente, restando los conjuntos de datos. Las técnicas son bastantes simples pero también sensibles a las incoherencias en la interpretación y clasificación de las categorías de uso de la tierra.

Detección del cambio en la preclasificación: se trata de métodos más sofisticados y biofísicos para cambiar la detección. Las diferencias entre los datos de respuesta espectral obtenidos en dos o más momentos se comparan por métodos estadísticos, y se usan estas diferencias para proporcionar información sobre los cambios en la cubierta terrestre/uso de la tierra. Este tipo es menos sensible a las incoherencias en la interpretación, y puede detectar cambios mucho más sutiles que los métodos de post-clasificación, aunque es menos simple y requiere tener acceso a los datos originales de detección remota.

Existen también otros métodos viables. Por ejemplo, uno de ellos puede introducir mejoras en el cambio y la interpretación visual. Las superficies de cambio se resaltan mostrándose diferentes combinaciones de bandas, diferencias de bandas o índices derivados (por ejemplo, índices de vegetación). Esto centra la atención en los posibles lugares de conversión del uso de la tierra, que pueden ser delimitados y atribuidos a técnicas manuales o automatizadas. Estos métodos están sujetos a las incoherencias de la interpretación humana, pero son capaces de detectar cambios sutiles y de detectar mejor y mapear la conversión del uso de la tierra, para cuya determinación se necesita la información sobre la cubierta terrestre, el contexto y cualquier otra información auxiliar.

Evaluación de la exactitud del mapeo

Siempre que se utilice un mapa de la cubierta terrestre o del uso de la tierra, los compiladores del inventario deben recabar información acerca de la fiabilidad del mapa. Cuando tales mapas se generan a partir de la clasificación de los datos obtenidos por detección remota, debe tenerse en cuenta que es probable que la fiabilidad del mapa varíe para las distintas categorías de tierras. Algunas categorías pueden distinguirse excepcionalmente, mientras que otras pueden confundirse con las demás. Por ejemplo, los bosques de coníferas se clasifican a menudo con más exactitud que los bosques deciduos porque sus características de reflectancia son más distintivas, mientras que los bosques deciduos pueden confundirse fácilmente con, por ejemplo, los pastizales o las tierras de cultivo. De forma similar, a menudo es difícil determinar los cambios en las prácticas de la gestión de la tierra mediante detección remota. Por ejemplo, puede ser difícil detectar un cambio de cultivo de intensivo a reducido en una superficie específica.

Los compiladores deben estimar la exactitud de los mapas de la cubierta terrestre/uso de la tierra categoría por categoría. Mediante una serie de puntos de muestra del mapa y su correspondiente categoría en la realidad se construye una matriz de confusión (véase la nota al pie 5 del Anexo 3A.4) en la que la diagonal muestra la proporción de identificación correcta, y los elementos que están fuera de la diagonal muestran la proporción relativa de clasificación errónea de una categoría de la tierra con respecto a las otras categorías. La matriz de confusión expresa no sólo la exactitud del mapa sino que también es posible evaluar qué categorías se confunden fácilmente con otras. Basados en la matriz de confusión, pueden obtenerse un cierto número de índices de exactitud (Congalton, 1991). El análisis multitemporal (análisis de las imágenes tomadas en momentos distintos para determinar la estabilidad de la clasificación del uso de la tierra) puede también utilizarse para mejorar la exactitud de la clasificación, particularmente en los casos en los que los datos de la realidad del suelo son limitados.

SONDEOS TERRESTRES

Los sondeos terrestres pueden utilizarse para recoger y almacenar información del uso de la tierra, y para utilizarlos como datos de la realidad del suelo para la clasificación mediante detección remota. Antes de la llegada de las técnicas de detección remota, como la fotografía aérea y las imágenes por satélite, los sondeos terrestres eran los únicos métodos de elaboración de mapas. El proceso consiste fundamentalmente en visitar el área de estudio y registrar los atributos visibles y/o físicos del paisaje para fines cartográficos. La digitalización de las fronteras y los atributos de simbolización se utilizan para tomar notas de campo impresas, así como los mapas históricos de los Sistemas Geográficos de Información (GIS). Se realiza mediante protocolos de trazado de la superficie de tierra mínima y categorización de atributos que están relacionados con la escala del mapa resultante y el uso al que va destinado.

Pueden realizarse medidas muy exactas de la ubicación y la superficie utilizando una combinación de los equipos de sondeo como teodolitos, cintas métricas, ruedas de medición de distancias y dispositivos electrónicos de medición de distancias. El desarrollo de los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS, del inglés *Global Positioning Systems*) posibilitan el registro de la información de la ubicación en campo, directamente en formato electrónico utilizando dispositivos informáticos portátiles. Los datos se descargan en el ordenador de la oficina para registrarlos y coordinarlos con otras capas de información para el análisis espacial.

Las entrevistas con los propietarios de la tierra y los cuestionarios se utilizan para recopilar información socio-económica y de la gestión de la tierra, pero pueden también proporcionar datos del uso de la tierra y la conversión del uso de la tierra. Con este tipo de censos, los organismos de recopilación de datos dependen de los conocimientos y los registros de los propietarios de la tierra (o los usuarios) para brindar datos fiables. Típicamente, un representante del organismo de recopilación de datos visita al residente, lo entrevista, y los datos se registran en un formato predeterminado o un cuestionario que se le entrega al usuario de la tierra para que lo rellene. Se anima normalmente al encuestado a que utilice cualquier registro pertinente que pueda tener, pero a través de preguntas también se puede solicitar información directamente (Swanson *et al.*, 1997).

Los sondeos censales son probablemente el método más antiguo de recopilación de datos (Darby, 1970). Los sondeos de los usuarios de la tierra pueden realizarse en toda la población o en una muestra de un tamaño adecuado. Las aplicaciones modernas emplean una amplia gama de técnicas de validación y evaluación de la exactitud. El sondeo puede llevarse a cabo mediante visitas personales, entrevistas telefónicas (a menudo asistidas por ordenador) o mediante el buzoneo. Los sondeos de los usuarios comienzan con la formulación de los datos y las necesidades de información en una serie de preguntas simples y claras que exigen respuestas claras e inequívocas. Las cuestiones han sido probadas en una muestra de población para asegurar que son comprensibles y para identificar cualquier variación terminología técnica local. Cuando se hace un muestreo, se estratifica la superficie total de estudio mediante las unidades ecológicas o administrativas apropiadas, y por las diferencias categóricas significativas dentro de la población (por ejemplo, privado frente a empresarial, grande frente a pequeño, pulpa frente a madera, etc.). Para las respuestas que traten sobre las superficies de la tierra y las prácticas de gestión, se requiere del encuestado alguna ubicación geográfica, si dispone de coordenadas precisas,

la descripción catastral o al menos unidades ecológicas o administrativas. Después del sondeo se realiza una validación de los resultados para detectar anomalías estadísticas, comparar con fuentes de datos independientes, realizar una muestra de cuestionarios de verificación de seguimiento o realizar una muestra de sondeos de verificación in situ. Finalmente, la presentación de los resultados debe seguir los parámetros de estratificación iniciales.

Anexo 3A.3 Muestreo

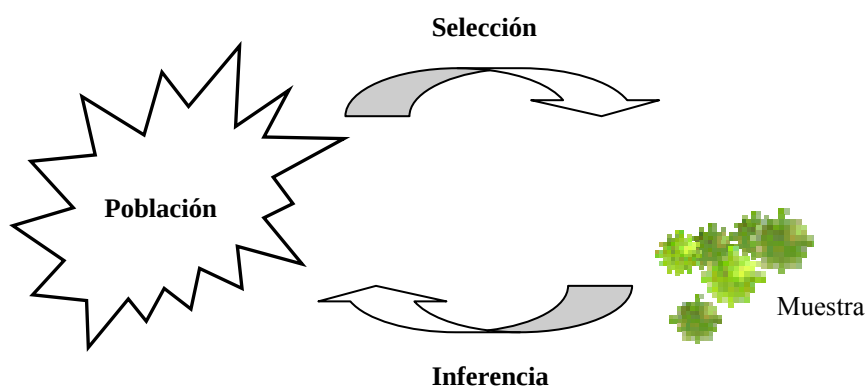
3A.3.1 INTRODUCCIÓN

Los datos del uso de la tierra se obtienen a menudo mediante sondeos de muestras, y se los suele utilizar para estimar los cambios en el uso de la tierra o en las existencias de carbono. Los inventarios nacionales de bosques son ejemplos importantes del tipo de sondeo utilizado. Esta sección proporciona una orientación sobre el uso de los datos de los sondeos de muestras para la declaración de las emisiones y absorciones de los gases de efecto invernadero, y para la planificación de sondeos de muestras con el objeto de adquirir datos para este propósito.

3A.3.2 PERSPECTIVA GENERAL DE LOS PRINCIPIOS DE MUESTREO

El muestreo deduce información acerca de una población entera observando una fracción de ésta: la muestra (véase la Figura 3A.3.1). Por ejemplo, los cambios del carbono en la biomasa de árboles a niveles regionales o nacionales pueden estimarse a partir del crecimiento, la mortalidad y los cortes de los árboles en un número limitado de parcelas de muestreo. La teoría del muestreo proporciona entonces los medios para proyectar la información desde las parcelas de muestreo hasta el nivel geográfico seleccionado. Un muestreo diseñado adecuadamente puede incrementar en gran medida la eficiencia en el uso de los recursos del inventario. Más aun, el muestreo de campo suele ser necesario en el desarrollo de los inventarios porque, aunque los datos obtenidos por detección remota proporcionan una cobertura territorial completa, en los sitios de muestras hay que interpretar y verificar los datos terrestres.

Figura 3A.3.1 Principio de muestreo



La teoría normal de muestreo se basa en una selección aleatoria de una muestra de la población. Cada unidad de la población tiene una probabilidad específica de ser incluida en la muestra. Se da este caso cuando las parcelas de muestreo han sido distribuidas de forma totalmente aleatoria en una superficie, o cuando han sido distribuidas en un sistema de cuadrículas sistemático mientras que el posicionamiento de la cuadrícula es aleatorio. El muestreo aleatorio reduce el riesgo del sesgo y permite una evaluación objetiva de las estimaciones de incertidumbre. Por lo tanto, como norma general, deben tomarse los datos muestreados aleatoriamente cuando sea posible, o cuando se realicen nuevos sondeos.

Las muestras pueden tomarse también en ubicaciones elegidas subjetivamente que se supone son representativas de la población. Esto se denomina muestreo subjetivo (o dirigido), y los datos de tales sondeos se utilizan a menudo en los inventarios de gases de efecto invernadero (es decir, cuando las observaciones de los sitios de sondeo que no fueron seleccionados aleatoriamente se usan para representar una categoría de tierra completa o estrato). En estas condiciones, las observaciones acerca de, por ejemplo, el tipo de bosque pueden verse extrapoladas a superficies para las que no son representativas. Sin embargo, debido a los limitados recursos, es posible que los inventarios de gases de efecto invernadero necesiten utilizar también datos de sitios seleccionados subjetivamente o parcelas de investigación. En este caso, es una *buena práctica* identificar, con el asesoramiento del organismo responsable de estos sitios o parcelas, las superficies de tierra para las cuales pueden considerarse representativas las muestras subjetivas.

3A.3.3 DISEÑO DEL MUESTREO

El diseño del muestro determina cómo se seleccionan las unidades de muestreo (los sitios o parcelas) a partir de la población y, por tanto, qué procedimientos de estimación estadística deben aplicarse para poder hacer deducciones a partir de la muestra. Los diseños de muestreo aleatorio pueden dividirse en dos grupos principales, utilizando información auxiliar, según si la población está o no *estratificada* (es decir, subdividida antes del muestreo). Los sondeos estratificados suelen ser más eficientes en términos de la exactitud que puede conseguirse con un determinado coste. Por otra parte, tienden a ser ligeramente más complejos, lo que incrementa el riesgo de los errores de no-muestreo, debido al uso incorrecto de los datos recopilados. Los diseños de muestreo deben buscar un buen compromiso entre la simplicidad y la eficiencia, lo que puede favorecerse siguiendo los tres aspectos que se indican a continuación:

- Empleo de la estratificación y los datos auxiliares;
- Muestreo sistemático;
- Parcelas de muestreo permanente y datos de la serie temporal.

Empleo de la estratificación y los datos auxiliares

Uno de los diseños de muestreo más importantes que incorpora información auxiliar es la *estratificación*, por la cual la población se divide en dos subpoblaciones en base a *datos auxiliares*. Estos datos auxiliares pueden ser el conocimiento de las fronteras legales, administrativas o de administraciones forestales que resulta eficaz muestrear por separado; o pueden ser mapas o datos de detección remota que distinguen entre superficies de tierras altas y bajas o entre tipos de ecosistemas diferentes. Dado que la estratificación está destinada a aumentar la eficiencia, es una *buena práctica* utilizar datos auxiliares cuando estén disponibles, o procurar contar con ellos, si no lo están, con un bajo coste adicional.

La estratificación aumenta la eficiencia de dos maneras principales: (i) al mejorar la exactitud de la estimación de la población entera, y (ii) al asegurar que se obtienen los resultados adecuados para ciertas subpoblaciones, por ejemplo, para ciertas regiones administrativas.

En la primera cuestión, la estratificación aumenta la eficiencia del muestreo si se hace una subdivisión de la población, de manera que se reduce la variabilidad entre las unidades de un estrato, comparada con la variabilidad de la población entera. Por ejemplo, un país puede dividirse en una región de tierras bajas (con ciertas características de las categorías de uso de la tierra que sean de interés) y una región de tierras altas (con diferentes características de las categorías correspondientes). Si cada estrato es homogéneo, puede obtenerse una estimación general precisa utilizando sólo una muestra limitada de cada estrato. La segunda cuestión es importante a fin de proporcionar resultados con un grado de exactitud específico para todas las regiones administrativas de interés; pero también en el caso de que los datos muestreados vayan a ser utilizados conjuntamente con otros conjuntos de datos existentes, los cuales han sido recopilados utilizando diferentes protocolos pero con las mismas fronteras administrativas o legales.

La utilización de mapas o datos obtenidos por detección remota para identificar las fronteras de los estratos (las subdivisiones de la clase de uso de la tierra que se incluyen en un sondeo de muestra), pueden introducir errores si existen superficies incorrectamente clasificadas como pertenecientes a un estrato, mientras que otras superficies que pertenecen a ese estrato no se han considerado. Los errores de este tipo pueden conducir a sesgos importantes en las estimaciones finales, debido a que la superficie identificada para el muestreo no corresponderá a la población objeto de estudio. Siempre que exista un riesgo evidente de que puedan producirse errores de este tipo, es una *buena práctica* hacer una evaluación del posible impacto de tales errores utilizando datos de la realidad del suelo.

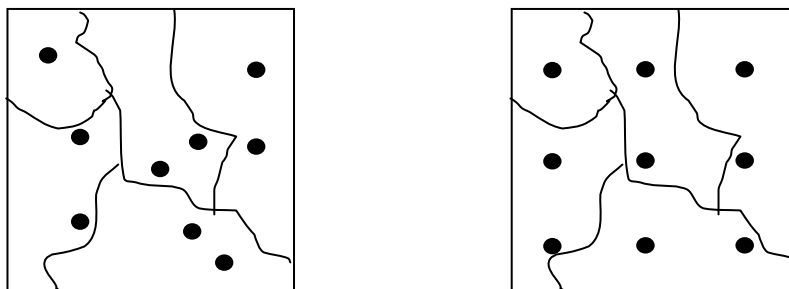
Cuando se toman datos de inventarios existentes a gran escala para la declaración de emisiones o absorciones de gases de efecto invernadero, como inventarios de bosques a nivel nacional, es conveniente aplicar los procedimientos de estimación estándar de ese inventario, mientras estén basados en principios estadísticos sólidos. Además, la *post-estratificación* (esto es, la definición de los estratos basada en la detección remota o el mapa de los datos auxiliares después de realizado el sondeo) quiere decir que es posible utilizar nuevos datos auxiliares para aumentar la eficiencia sin cambiar el diseño básico del campo (Dees *et al.*, 1998). Utilizando este principio de estimación, puede reducirse el riesgo de introducir el sesgo del párrafo anterior.

Muestreo sistemático

Los sondeos sobre el uso de la tierra o los sondeos forestales basados en el muestreo utilizan generalmente puntos de muestra o parcelas de muestras en las que se registran las características de interés. Una cuestión importante aquí concierne al plano de estos puntos o parcelas. A menudo, es apropiado colocar las parcelas en

pequeños grupos, para minimizar los costes de transporte, cuando se cubren grandes superficies con un sondeo basado en el muestreo. Con el muestreo en grupo, la distancia entre las parcelas debe ser lo bastante grande como para evitar una gran correlación entre ellas, teniendo en cuenta el tamaño de la arboleda (para muestreo forestal). Una cuestión importante es si las parcelas (o grupos de parcelas) deben organizarse de manera completamente aleatoria o sistemática, utilizando una cuadrícula regular que se ubica aleatoriamente sobre la superficie de interés (véase la Figura 3A.3.2). En general, es más eficaz utilizar el muestreo sistemático, debido a que en la mayoría de los casos, aumenta la precisión de las estimaciones. El muestreo sistemático también simplifica el trabajo de campo.

Figura 3A.3.2 Plano aleatorio simple de parcelas (izquierda) y plano sistemático (derecha)



De manera algo simplificada, la razón por la que el muestreo aleatorio sistemático generalmente es superior al muestreo aleatorio simple es que las parcelas se distribuyen uniformemente por todas partes en la superficie meta. Con el muestreo aleatorio simple, algunas partes de la superficie pueden tener muchas parcelas, mientras que otras no tendrán ninguna.

Parcelas de muestras permanentes y datos de la serie temporal

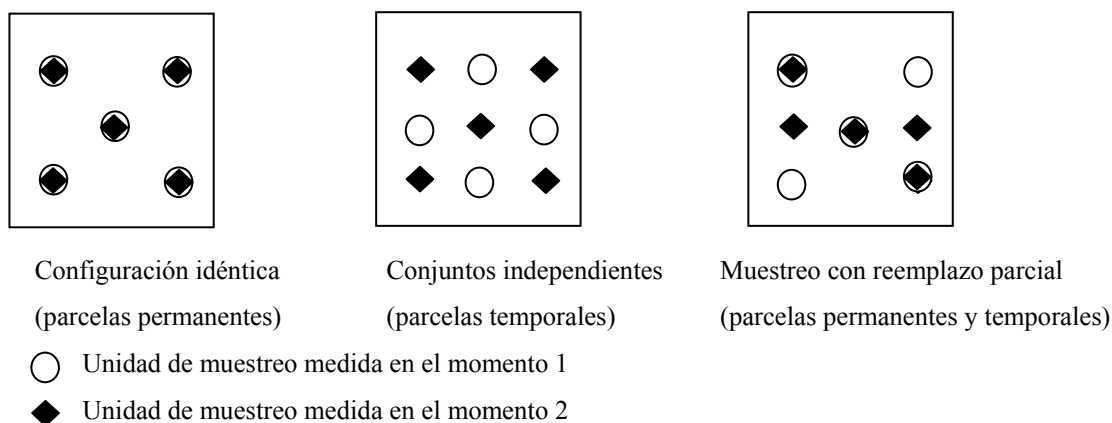
Los inventarios de gases de efecto invernadero deben evaluar tanto el estado actual como los cambios a través del tiempo (es decir, en las superficies de las categorías de usos de la tierra y en las existencias de carbono). La evaluación de los cambios es la más importante y supone repetidos muestreos a través del tiempo. El intervalo temporal entre las mediciones debe determinarse basado en la secuencia de los eventos que provocan los cambios, y también en los requisitos de declaración. Generalmente, se consideran adecuados los intervalos de muestreo de entre 5 y 10 años, y en muchos países los datos de los sondeos bien diseñados están disponibles durante muchas décadas, en especial en el sector forestal. No obstante, debido a que se requiere que las estimaciones para la declaración tengan una periodicidad anual, será necesario aplicar métodos de interpolación y extrapolación. Si no hay disponible una serie temporal lo suficientemente extensa, puede ser necesario extrapolar hacia atrás en el tiempo para capturar la dinámica de los cambios en las existencias de carbono.

Cuando se llevan a cabo muestreos repetidos, se evalúan cada vez los datos necesarios en relación con el estado actual de las superficies o las existencias de carbono. Entonces, se estiman los cambios calculando la diferencia entre el estado en el tiempo ($t+1$) y el estado en el tiempo t .

- En ambas ocasiones, se emplean las mismas unidades de muestreo (unidades de muestreo permanente);
- En ambas ocasiones, se emplean conjuntos distintos e independientes de unidades de muestreo (unidades de muestreo temporales);
- Pueden reemplazarse algunas unidades de muestreo entre unas ocasiones y otras, mientras que otras permanecen sin cambios (muestreo con reemplazo parcial).

En la Figura 3A.3.3 se muestran estos tres métodos.

Figura 3A.3.3 Uso de diferentes configuraciones de unidades de muestreo permanentes y temporales para estimar los cambios



Generalmente, las parcelas de muestras permanentes son más eficaces en la estimación de los cambios que las temporales, porque es más fácil distinguir las tendencias reales de las diferencias que sólo se deben a la selección de la parcela que ha cambiado. Sin embargo, hay algunos riesgos en el uso de parcelas permanentes temporales. Si los administradores de la tierra llegan a conocer la ubicación de las parcelas de muestras permanentes (por ejemplo, marcándolas visiblemente), hay riesgo de que la gestión de las parcelas permanentes sea diferente de la gestión de otras superficies. Si esto sucede, las parcelas no serán representativas y existe el riesgo obvio de que los resultados estén sesgados. Si se percibiera que pudiera haber un riesgo del tipo anterior, es una *buena práctica* evaluar algunas parcelas temporales, como muestra de control, para determinar si las condiciones de estas parcelas se desvían de las condiciones de las parcelas permanentes.

El uso de muestreo con reemplazo parcial, puede solucionar alguno de los problemas potenciales con respecto a las parcelas permanentes, porque es posible sustituir los sitios que se cree han sido tratados de modo diferente. Puede utilizarse el muestreo con reemplazo parcial, aunque todos los procedimientos de estimación son complicados (Scott y Köhl, 1994; Köhl *et al.*, 1995).

Cuando sólo se utilizan parcelas temporales, aun pueden estimarse los cambios generales, pero ya no será posible estudiar las conversiones del uso de la tierra entre las diferentes categorías, a menos que pueda introducirse en la muestra una dimensión temporal. Esto puede llevarse a cabo haciendo uso de datos auxiliares, como ser mapas, registros de detección remota o administrativos sobre el estado de la tierra en el pasado. Esto introduce una incertidumbre adicional en la evaluación que puede ser difícil de cuantificar por otros medios que no sean el dictamen de expertos.

3A.3.4 MÉTODOS DE MUESTREO PARA LA ESTIMACIÓN DE LA SUPERFICIE

Muchos métodos de evaluación de las superficies de uso de la tierra o de las conversiones en superficies de uso de la tierra confían en el muestreo. Mediante el muestreo, pueden estimarse las superficies y los cambios en ellas de dos maneras distintas:

- Estimación por medio de las proporciones;
- Estimación directa de la superficie.

El primer método requiere conocer la superficie total de la región del sondeo, y que el sondeo de muestras brinde sólo las proporciones de diferentes categorías de uso de la tierra. En el segundo método no necesita conocer la superficie total.

Ambos métodos requieren la evaluación de una cantidad determinada de unidades de muestreo ubicadas en la superficie del inventario. La selección de las unidades de muestreo puede llevarse a cabo empleando un muestreo aleatorio simple o uno sistemático (véase la Figura 3A.3.2). El muestreo sistemático normalmente mejora la precisión de las estimaciones de la superficie, en especial cuando coexisten diferentes clases de uso de la tierra en grandes áreas. También puede aplicarse la estratificación para mejorar la eficacia de las estimaciones de la superficie; en este caso, es una *buena práctica*, llevar a cabo los procedimientos descritos a continuación, independientemente de cada estrato.

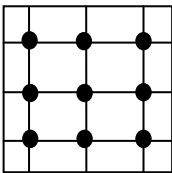
Para estimar las proporciones, se supone que las unidades de muestreo son puntos sin dimensiones, aunque debe considerarse una pequeña superficie alrededor de cada punto cuando se determine la categoría de uso de la tierra.

Pueden utilizarse también las parcelas de muestras para la estimación de la superficie, aunque este principio no está recogido aquí posteriormente.

3A.3.5 ESTIMACIÓN DE SUPERFICIES MEDIANTE PROPORCIONES

Generalmente, se conoce la superficie total de una región del inventario. En este caso, la estimación de las superficies de las diferentes categorías de uso de la tierra puede basarse en las evaluaciones de las proporciones de superficie. Cuando se aplica este método, se cubre la superficie del inventario por un determinado número de puntos de muestra y se determina el uso de la tierra para cada punto. Entonces, se calcula la proporción de cada categoría de uso de la tierra dividiendo la cantidad de puntos localizados en la categoría específica por el número total de puntos. Las estimaciones de superficie para cada categoría de uso de la tierra se obtienen multiplicando la proporción de cada categoría por la superficie total

El cuadro 3A.3.1 proporciona un ejemplo de este procedimiento. El error estándar de una estimación de superficie se obtiene como $A_i \sqrt{(p_i \cdot (1 - p_i)) / (n - 1)}$, donde p_i es la proporción de puntos de la categoría de uso de la tierra en cuestión i ; A la superficie total conocida, y n el número total de puntos de muestra.³ Para A_i el intervalo de confianza del 95% para la categoría de uso de la tierra estimada i , viene dado aproximadamente por ± 2 veces el error estándar.

CUADRO 3A.3.1 EJEMPLO DE LA ESTIMACIÓN DE SUPERFICIES POR MEDIO DE PROPORCIONES			
Procedimiento de muestreo	Estimación de proporciones	Superficies estimadas de categorías de uso de la tierra	Error estándar
	$p_i = n_i / n$	$A_i = p_i \cdot A$	$s(A_i)$
	$p_1 = 3 / 9 \cong 0,333$	$A_1 = 300 \text{ ha}$	$s(A_1) = 150,0 \text{ ha}$
	$p_2 = 2 / 9 \cong 0,222$	$A_2 = 200 \text{ ha}$	$s(A_2) = 132,2 \text{ ha}$
	$p_3 = 4 / 9 \cong 0,444$	$A_3 = 400 \text{ ha}$	$s(A_3) = 158,1 \text{ ha}$
	Suma = 1,0	Total = 900 ha	

Donde:

A = superficie total (= 900 ha en el ejemplo)

A_i = superficie estimada de la categoría de uso de la tierra i

n_i = cantidad de puntos ubicados en la categoría de uso de la tierra i

n = cantidad total de puntos

Las estimaciones de las superficies de conversión de uso de la tierra pueden llevarse a cabo introduciendo categorías del tipo A_{ij} , donde el uso de la tierra se convierte de la categoría i a la categoría j entre sondeos sucesivos.

3A.3.6 ESTIMACIÓN DIRECTA DE LA SUPERFICIE

Siempre que se conozca la superficie total del inventario, es eficaz estimar las superficies y los cambios en las superficies, mediante la evaluación de las proporciones, puesto que este procedimiento proporciona la mayor exactitud. En los casos en los que no se conozca la superficie total del inventario o esté sujeta a una incertidumbre inaceptable, se puede aplicar un procedimiento alternativo que conlleve una evaluación directa de las superficies de las diferentes clases de uso de la tierra. Este método sólo puede utilizarse cuando se aplica un muestreo sistemático. Cada punto de muestra representa una superficie correspondiente al tamaño de la celda de la cuadrícula de la plantilla de muestra.

Por ejemplo, cuando se seleccionan puntos de muestra de una cuadrícula cuadrada sistemática con 1 000 m de distancia entre los puntos, cada punto de muestra representa una superficie de 1 km • 1 km = 100 ha. Así que, si 15 puntos caen dentro de una clase de uso de la tierra específica de interés, la superficie estimada será de 15 • 100 ha = 1500 ha.

³ Nótese que esta fórmula es sólo aproximada cuando se aplica el muestro sistemático.

Anexo 3A.4 Perspectiva general de métodos potenciales para desarrollar los conjuntos de datos del Método 3

Figura 3A.4.1 Perspectiva general del método 3: Evaluaciones directas y repetidas del uso de la tierra, con cobertura espacial completa

Descripción

En el método 3, el país se subdivide en unidades espaciales, como celdas de cuadrícula o pequeños polígonos. En este ejemplo, las celdas de la cuadrícula se usan para subdividir la superficie. Las celdas de la cuadrícula pueden muestrearse mediante detección remota y/o sondeos del suelo, con el objeto de establecer las superficies de uso de la tierra cuyo alcance estimado se muestra por las líneas grises debajo de la cuadrícula. La detección remota también proporciona una cobertura completa para todas las celdas de la cuadrícula (Figura 3A.4.1A) en la interpretación del uso de la tierra. Los sondeos del suelo pueden realizarse en una muestra de las celdas de la cuadrícula y pueden ser utilizados para establecer directamente el uso de la tierra, así como para ayudar en la interpretación de los datos obtenidos por detección remota. La muestra de celdas de la cuadrícula puede distribuirse regularmente (Figura 3A.4.1B) o irregularmente (Figura 3A.4.1C) para proporcionar, por ejemplo, una mayor cobertura si es más probable la conversión del uso de la tierra. Pueden elaborarse mapas generales utilizando las celdas de la cuadrícula, las cuales pueden ser también agrupadas en polígonos (Figura 3A.4.1D). El resultado final de este Método puede representarse como una matriz tabular o de conversión, explícita en el espacio, del uso de la tierra.

Momento 1

Momento 2

Figura 3A.4.1A La detección remota puede también habilitar la cobertura completa de todas las celdas de la cuadrícula

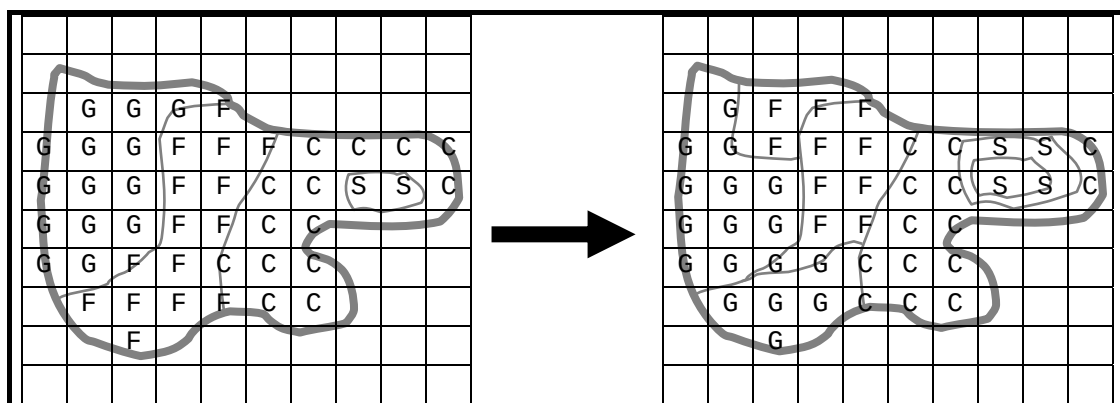
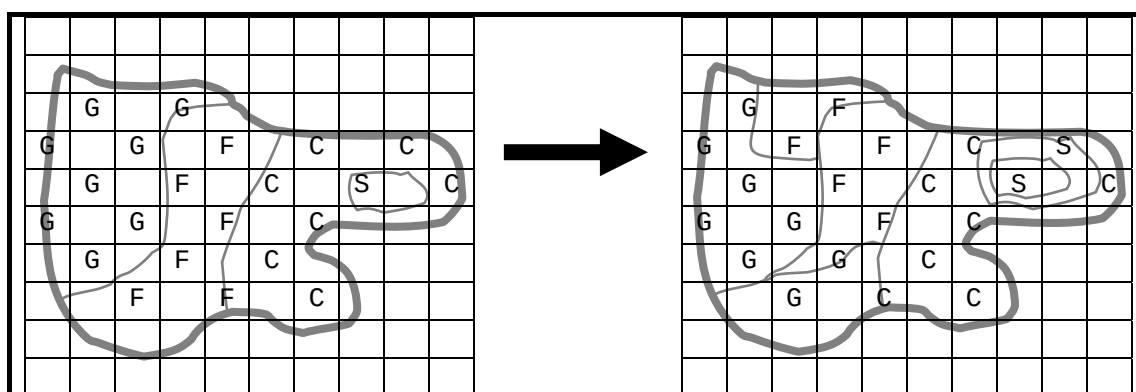
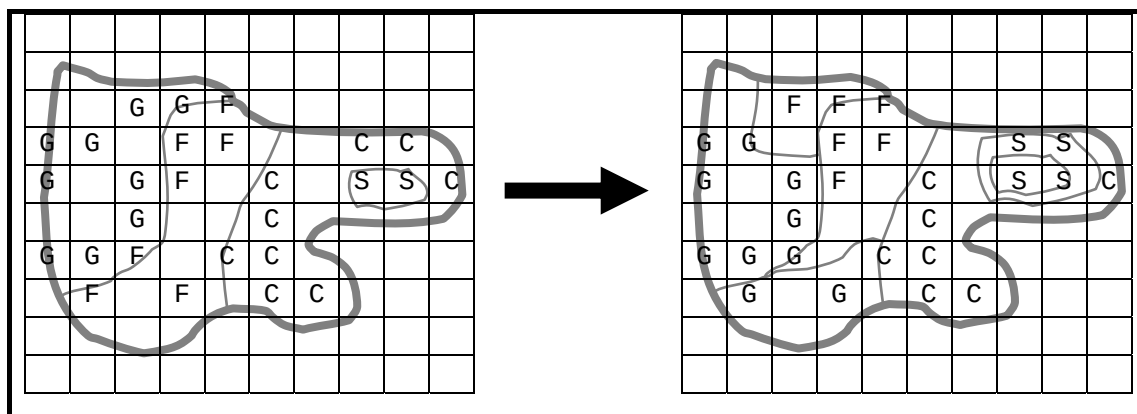


Figura 3A.4.1B La muestra de celdas de la cuadrícula puede distribuirse regularmente



Momento 1**Momento 2****Figura 3A.4.1C La muestra de celdas de la cuadrícula puede distribuirse irregularmente****Figura 3A.4.1D. Pueden elaborarse mapas generales utilizando las celdas de la cuadrícula, las cuales pueden ser también agrupadas en polígonos.**

Nota: F = Tierras forestales, G = Pastizales, C = Tierras de cultivo, W = Humedales, S = Asentamientos, O = Otras tierras.

Cuando se aplica el Método 3, los compiladores del inventario deben:

- Utilizar una estrategia de muestreo coherente con la recomendación proporcionada en este capítulo. Esta estrategia debe garantizar que los datos no están sesgados y que pueden proyectarse en caso necesario. Puede ser necesario cambiar la cantidad y ubicación de las unidades de muestreo a través del tiempo para que sigan siendo representativas.
- Si se utilizan datos obtenidos por detección remota, desarrollar un método para su interpretación en categorías de tierras utilizando los datos de referencia del suelo como se establece en este capítulo (Técnicas de detección remota). Debe ponerse atención en asignar correctamente la información de la cubierta terrestre obtenida mediante las imágenes, a la categoría del uso de la tierra que corresponda. Para ello, pueden utilizarse los inventarios forestales convencionales u otros datos de sondeos. Es necesario evitar la clasificación errónea de los tipos de tierra y la falta de exactitud del mapa establecido, mediante la referencia terrestre o los datos de alta resolución obtenidos por detección remota. La técnica convencional es establecer una matriz⁴ que muestra, para una clasificación de la tierra dada, la proporción de clasificación errónea como una de las otras clasificaciones posibles.
- Construir intervalos de confianza para aquellas superficies de categorías de uso de la tierra y cambios de la superficie que serán utilizadas en la estimación de los cambios en las existencias de carbono y en las emisiones y absorciones.
- Obtener cuadros resumen de las superficies nacionales bajo diferentes conversiones del uso de la tierra.

⁴ A veces llamada *matriz de confusión*.

Anexo 3A.5 Clasificación por defecto del clima y del suelo

Las regiones climáticas se clasifican para aplicar las emisiones y los factores de cambio para estimar la biomasa, la materia orgánica muerta y los cambios en las existencias del carbono del suelo. En la Figura 3A.5.1 se presenta la clasificación del clima por defecto, y puede determinarse utilizando el modelo de clasificación de la Figura 3A.5.2. Esta clasificación debe utilizarse en los métodos de Nivel 1 porque los factores por defecto de cambio en las emisiones y existencias se obtuvieron utilizando este modelo. Nótese que las regiones climáticas se subdividen, a la vez, en zonas ecológicas para aplicar el método de Nivel 1 y estimar los cambios en las existencias de carbono de la biomasa (véase el Cuadro 4.1 del Capítulo 4). Los compiladores del inventario tienen la opción de elaborar una clasificación climática específica del país si utilizan los métodos de Nivel 2 y 3 junto con los factores de cambio de las emisiones y existencias específicos del país. Es una *buena práctica* aplicar la clasificación, por defecto o específica del país específico, a todos los tipos de uso de la tierra. Así, los factores de emisión y cambio de existencias se asignan a cada depósito de un inventario nacional utilizando una clasificación uniforme del clima.

Los suelos se clasifican para poder aplicarles los factores de referencia y de cambio de las existencias de C, y estimar con ello los cambios en las existencias de C del suelo; así como las emisiones de NO₂ (esto es, los suelos orgánicos deben clasificarse para estimar las emisiones de NO₂ después de un drenaje). Los suelos orgánicos se encuentran en los humedales, o han sido drenados y convertidos en otros tipos de usos de la tierra (por ejemplo, tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales, asentamientos). Los suelos orgánicos se identifican en base a los criterios 1 y 2, o en base a los criterios 1 y 3, que aparecen a continuación (FAO 1998):

Grosor del horizonte orgánico igual o superior a 10 cm. Un horizonte de menos de 20 cm debe tener al menos el 12 por ciento de carbón orgánico cuando se mezcla a una profundidad de 20 cm.

Los suelos que no se saturan con agua durante algunos días deben contener más del 20 por ciento de carbón orgánico en peso (es decir, aproximadamente el 35 por ciento de materia orgánica).

Los suelos que están sujetos a episodios de saturación y tienen:

- a. Al menos el 12 por ciento de carbón orgánico en peso (es decir, alrededor del 20 por ciento de materia orgánica) si el suelo no tiene arcilla;
- b. Al menos el 18 por ciento de carbono orgánico en peso (es decir, aproximadamente el 30 por ciento de materia orgánica) si el suelo tiene un 60 % de arcilla o más; o
- c. Una cantidad intermedia proporcional de carbono orgánico para cantidades intermedias de arcilla.

Todos los demás tipos de suelos se clasifican como minerales. En la Figura 3A.5.3 se presenta una clasificación del suelo mineral por defecto para categorizar los tipos de suelos basada en la taxonomía del USDA (USDA, 1999) y en la Figura 3A.5.4 por la clasificación de la Base de Referencia Mundial para los Recursos del Suelo (FAO, 1998) (Nota: Ambas clasificaciones producen los mismos tipos de suelos por defecto del IPCC). Con los métodos de Nivel 1 debe usarse la clasificación mineral del suelo por defecto porque las existencias de C de referencia por defecto y los factores de cambio de las existencias fueron obtenidos de acuerdo con estos tipos de suelos. Los compiladores del inventario tienen la opción de desarrollar una clasificación específica del país para suelos minerales y/o orgánicos, si se aplican los métodos de Nivel 2 y 3, en combinación con el desarrollo de factores de cambio en las existencias de C y factores de referencia específicos del país (o factores de emisión en el caso de suelos orgánicos). Es una *buena práctica* utilizar la misma clasificación de suelos en todos los tipos de uso de la tierra.

Figura 3A.5.1 Trazado de las principales zonas climáticas, actualizadas desde las Directrices del IPCC de 1996.

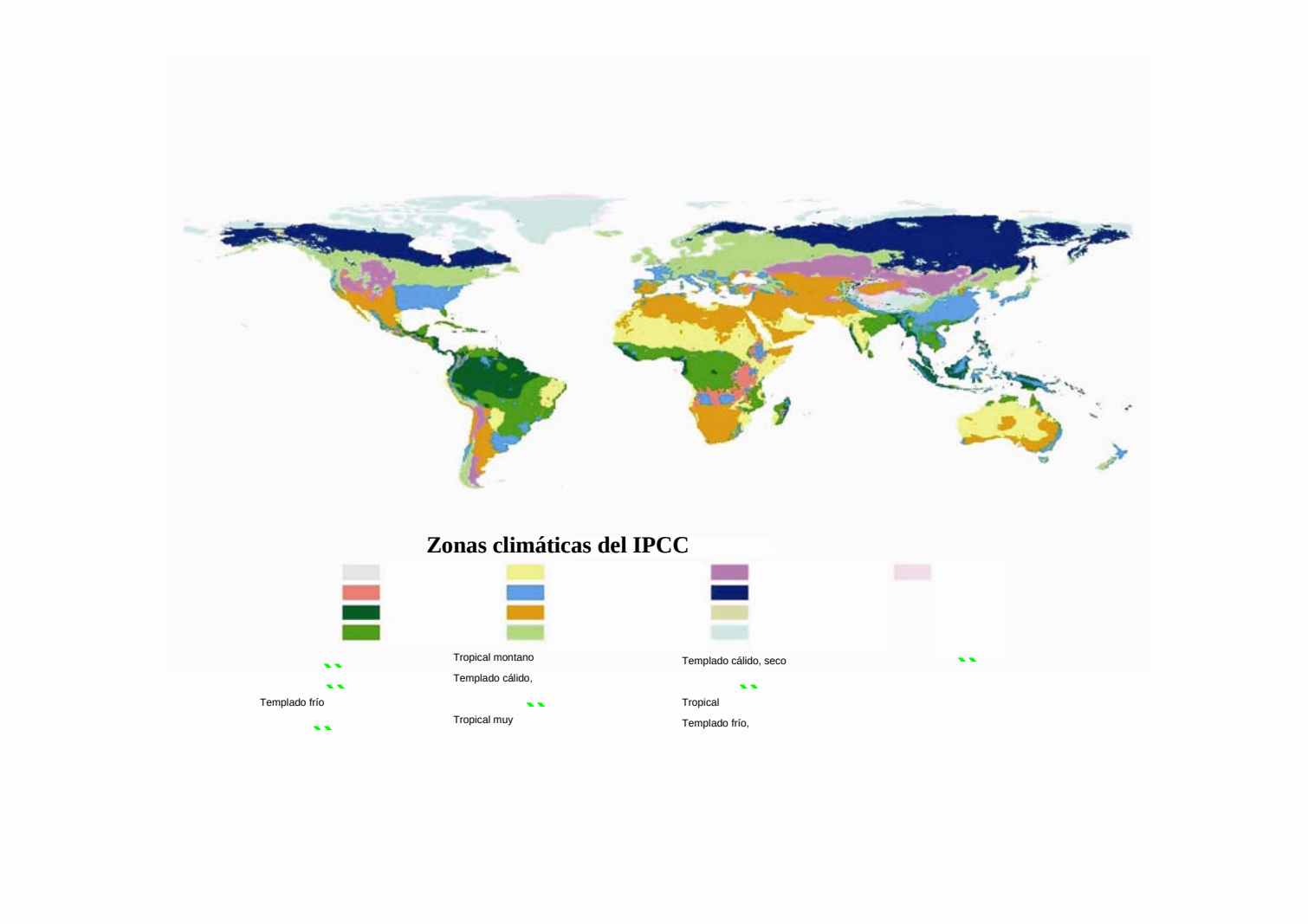


Figura 3A.5.2 Modelo de clasificación para las regiones climáticas por defecto. La clasificación se basa en la elevación, media anual de temperatura (MAT, del inglés *mean annual temperature*), media anual de precipitación (MAP, del inglés *mean annual precipitation*), relación entre la media anual de precipitación y el evapotransporte potencial (MAP:PET, del inglés *mean annual precipitation to potential evapotranspiration ratio*), y la incidencia de heladas.

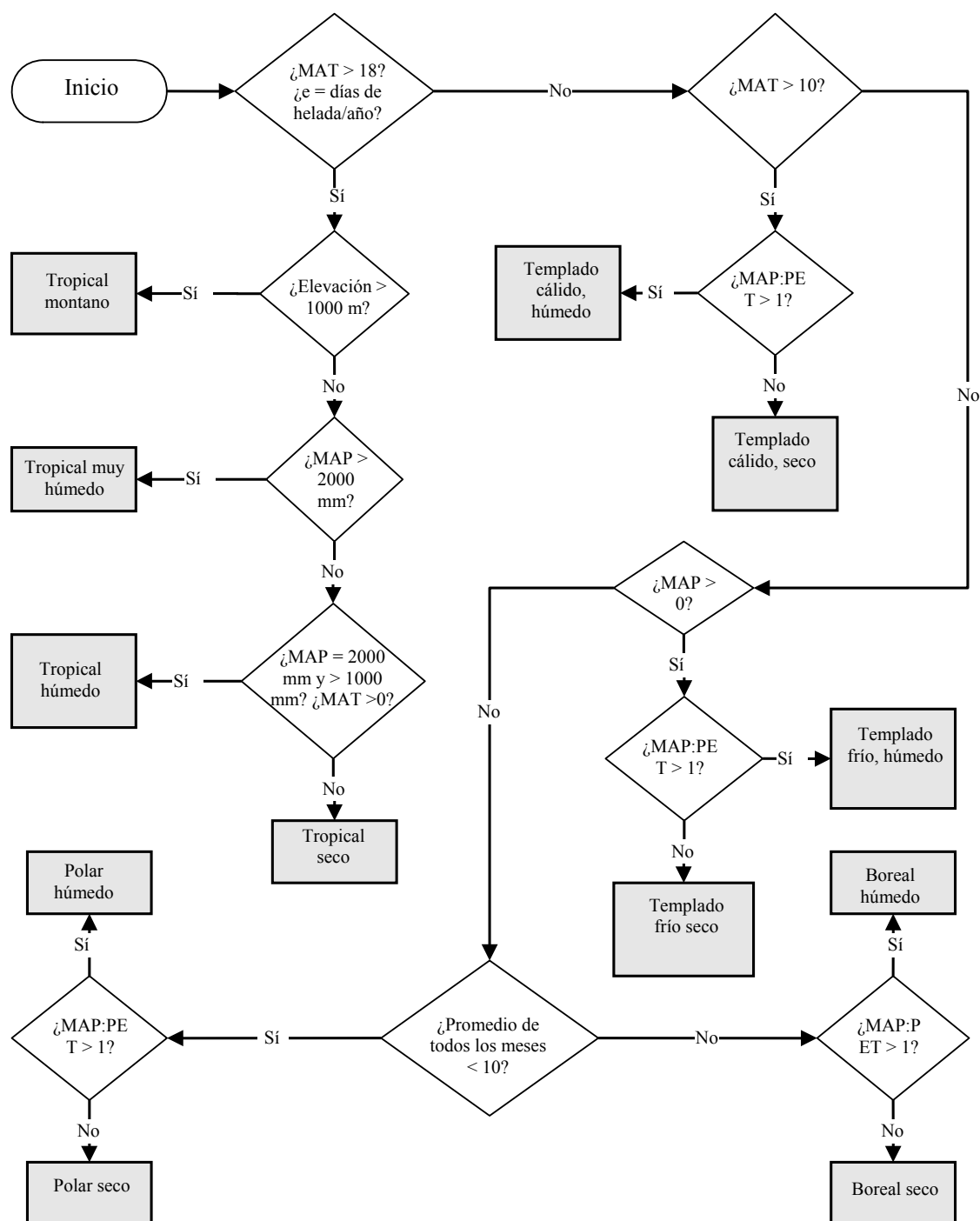


Figura 3A.5.3 Modelo de clasificación para los tipos de suelo mineral basado en la taxonomía del USDA

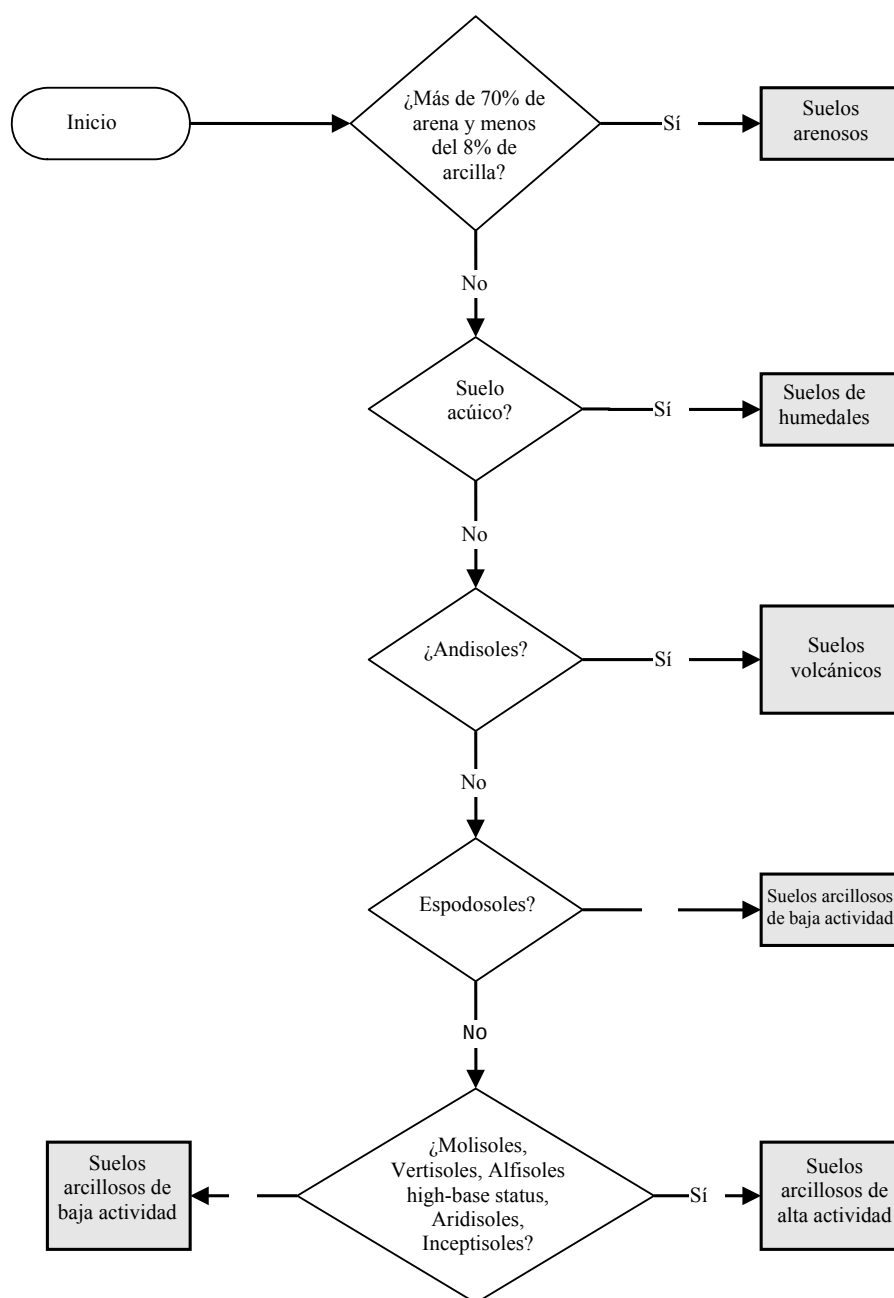
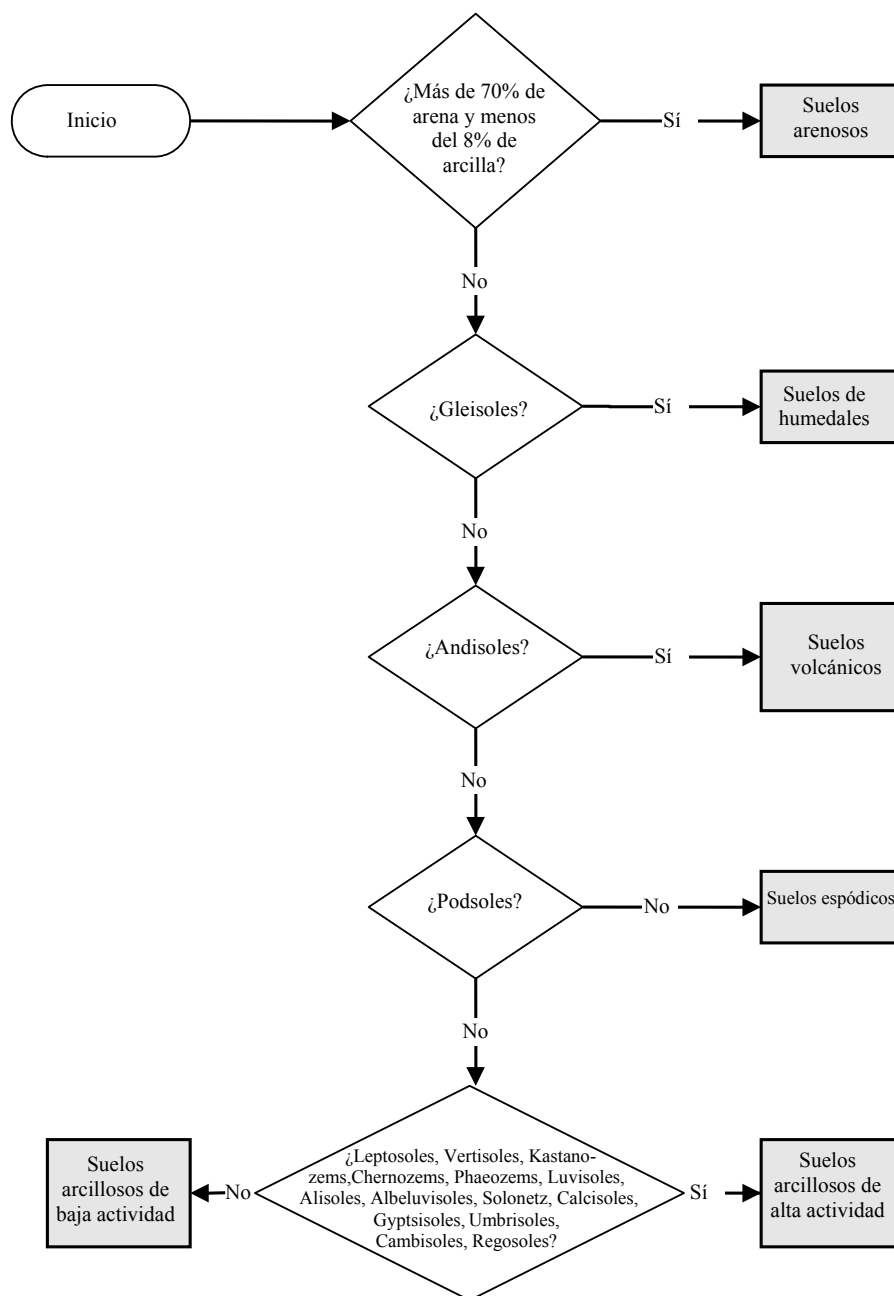


Figura 3A.5.4 Modelo de clasificación para los tipos de suelo mineral basado en la clasificación de la Base de Referencia Mundial para los Recursos del Suelo (WRB, del inglés *World Reference Base for Soil Resources*)



Referencias

- Congalton, R.G. (1991). A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment* **37**(1), pp. 35-46.
- Darby, H.C. (1970). Domesday Book – The first land utilization survey. *The Geographical Magazine* **42**(6), pp. 416 – 423.
- FAO (1995). Planning for Sustainable use of Land Resources: Towards a New Type. Land and Water Bulletin 2, Food and Agriculture Organisation, Rome Italy, 60 pp.
- IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories. Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Tréanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. Callander B.A. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA, Paris, France.
- Scott, C.T. and Kohl, M. (1994). Sampling with partial replacement and stratification. *Forest Science* **40** (1):30-46.
- Singh, A. (1989). Digital change detection techniques using remotely sensed data. *Int. J. Remote Sensing* **10**(6), pp. 989 – 1003.
- Swanson, B.E., Bentz, R.P. and Sofranco, A.J. (Eds.). (1997). Improving agricultural extension. A reference manual. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- USGS (2001). <http://edcdaac.usgs.gov/glcc/>

CAPÍTULO 4

TIERRAS FORESTALES

Autores

Harald Aalde (Noruega), Patrick Gonzalez (Estados Unidos), Michael Gytarsky (Federación Rusa), Thelma Krug (Brasil), Werner A. Kurz (Canadá), Stephen Ogle (Estados Unidos), John Raison (Australia), Dieter Schoene (FAO) y N.H. Ravindranath (India)

Nagmeldin G. Elhassan (Sudán), Linda S. Heath (Estados Unidos), Niro Higuchi (Brasil), Samuel Kainja (Malawi), Mitsuo Matsumoto (Japón), María José Sanz Sánchez (España) y Zoltan Somogyi (Comisión Europea/Hungría)

Autores colaboradores

Jim B. Carle (FAO) e Indu K. Murthy (India)

Índice

4	Tierras forestales	
4.1	Introducción.....	4.7
4.2	Tierras forestales que permanecen como tales.....	4.12
4.2.1	Biomasa.....	4.12
4.2.1.1	Elección del método.....	4.12
4.2.1.2	Elección de los factores de emisión.....	4.16
4.2.1.3	Elección de los datos de la actividad.....	4.18
4.2.1.4	Pasos de cálculo para el Nivel 1.....	4.20
4.2.1.5	Evaluación de incertidumbre.....	4.22
4.2.2	Materia orgánica muerta.....	4.23
4.2.2.1	Elección del método.....	4.24
4.2.2.2	Elección de los factores de emisión/absorción.....	4.24
4.2.2.3	Elección de los datos de la actividad.....	4.25
4.2.2.4	Pasos de cálculo para el Nivel 1.....	4.26
4.2.2.5	Evaluación de incertidumbre.....	4.26
4.2.3	Carbono del suelo.....	4.26
4.2.3.1	Elección del método.....	4.27
4.2.3.2	Elección de los factores de cambio de existencias y de emisión.....	4.29
4.2.3.3	Elección de los datos de la actividad.....	4.30
4.2.3.4	Pasos de cálculo para el Nivel 1.....	4.31
4.2.3.5	Evaluación de incertidumbre.....	4.31
4.2.4	Emisiones de gases de efecto invernadero no CO ₂ a partir del quemado de biomasa.....	4.32
4.2.4.1	Elección del método.....	4.33
4.2.4.2	Elección de los factores de emisión.....	4.33
4.2.4.3	Elección de los datos de la actividad.....	4.33
4.2.4.4	Evaluación de incertidumbre.....	4.34
4.3	Tierras convertidas en tierras forestales.....	4.34
4.3.1	Biomasa.....	4.35
4.3.1.1	Elección del método.....	4.35
4.3.1.2	Elección de los factores de emisión.....	4.37
4.3.1.3	Elección de los datos de la actividad.....	4.38
4.3.1.4	Pasos de cálculo para el Nivel 1.....	4.40
4.3.1.5	Evaluación de incertidumbre.....	4.43
4.3.2	Materia orgánica muerta.....	4.43
4.3.2.1	Elección del método.....	4.44
4.3.2.2	Elección de los factores de emisión/absorción.....	4.45
4.3.2.3	Elección de los datos de la actividad.....	4.45

4.3.2.4	Pasos de cálculo para el Nivel 1	4.45
4.3.2.5	Evaluación de incertidumbre	4.46
4.3.3	Carbono del suelo	4.46
4.3.3.1	Elección del método	4.47
4.3.3.2	Elección de los factores de cambio de existencias y de emisión	4.48
4.3.3.3	Elección de los datos de la actividad	4.49
4.3.3.4	Pasos de cálculo para el Nivel 1	4.49
4.3.3.5	Evaluación de incertidumbre	4.50
4.3.4	Emisiones de gases no CO ₂ a partir del quemado de biomasa	4.50
4.4	Exhaustividad, series temporales GC/CC y generación de informes y documentación	4.51
4.4.1	Exhaustividad	4.51
4.4.2	Desarrollo de una serie temporal coherente	4.51
4.4.3	Garantía de calidad y control de calidad	4.52
4.4.4	Generación de informes y documentación	4.53
4.5	Cuadros	4.55
Anexo 4A.1	Glosario de tierras forestales	4.81
Referencias	.....	4.89

Figuras

Figura 4.1	Zonas ecológicas del mundo, sobre la base de pautas climáticas y de vegetación observadas (FAO, 2001).....	4.10
Figura 4.2	Cubierta forestal y terrestre a nivel mundial en 1995.	4.11

Cuadros

Cuadro 4.1	Dominios climáticos (FAO, 2001), regiones climáticas (Capítulo 3) y zonas ecológicas (FAO, 2001).....	4.55
Cuadro 4.2	Clases de bosques y coberturas de la tierra.....	4.56
Cuadro 4.3	Fracción de carbono de la biomasa forestal aérea.....	4.57
Cuadro 4.4	Relación biomasa subterránea / biomasa aérea (R).....	4.58
Cuadro 4.5	Factores de conversión y expansión de biomasa por defecto (BCEF), ton biomasa (m ³ de madera)-1.....	4.59
Cuadro 4.6	Factores de emisión para suelos orgánicos drenados en bosques gestionados.....	4.62
Cuadro 4.7	Biomasa aérea de los bosques.....	4.62
Cuadro 4.8	Biomasa aérea de las plantaciones forestales.....	4.63
Cuadro 4.9	Crecimiento neto de la biomasa aérea en bosques naturales.....	4.66
Cuadro 4.10	Crecimiento neto de la biomasa aérea en plantaciones forestales tropicales y subtropicales...	4.68
Cuadro 4.11B	Incremento anual medio (crecimiento del volumen venable) de algunas especies de plantaciones forestales.....	4.71
Cuadro 4.13	Densidad básica de la madera (D) de especies de árboles tropicales (ton secado en horno (humedad m-3)).....	4.73
Cuadro 4.14	Densidad básica de la madera (D) de ciertos taxa de árboles de zonas templadas y boreales...	4.80

Recuadros

Recuadro 4.1	Niveles de detalle.....	4.9
Recuadro 4.2	Factores de conversión y expansión de biomasa para determinar la biomasa y el carbono en bosques.....	4.15
Recuadro 4.3	ejemplos de un método que constituye una buena práctica para la identificación de tierras convertidas en tierras forestales.....	4.40

4 TIERRAS FORESTALES

4.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se proporcionan métodos para estimar las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero debidas a cambios en la biomasa, en la materia orgánica muerta y en el carbono orgánico del suelo en Tierras forestales y en *Tierras convertidas en tierras forestales*. Se elaboró sobre la base de las Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996 (*Directrices del IPCC de 1996*) y de la (*GPG-LULUCF*). Este capítulo:

- se refiere a la totalidad de los cinco depósitos de carbono identificados en el Capítulo 1 y a las transferencias de carbono entre los distintos depósitos dentro de las mismas superficies de tierra;
- incluye los cambios en las existencias de carbono en bosques gestionados, debidos a las actividades humanas, tales como el establecimiento y la cosecha de plantaciones, la tala comercial, la recogida de madera combustible y otras prácticas de gestión, además de las pérdidas naturales provocadas por incendios, tormentas de viento, insectos, enfermedades y otras perturbaciones.
- presenta métodos simples (de Nivel 1) y valores por defecto, así como enfoques de esquemas para métodos de nivel superior para la estimación de los cambios en las existencias de carbono;
- presenta métodos para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero no CO₂ producidas por el quemado de biomasa (las demás emisiones de no CO₂, como las de N₂O de los suelos, se presentan en el Capítulo 11);
- se deberá usar conjuntamente con la descripción genérica de los métodos y las ecuaciones del Capítulo 2, así como con los métodos para la obtención de datos coherentes que se describe en el Capítulo 3.

Las *Directrices* suministran métodos para estimar y declarar fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero solamente para bosques gestionados, según se los define en el Capítulo 1. Los países deben aplicar coherentemente las definiciones nacionales de bosques gestionados a través del tiempo. Las definiciones nacionales deben cubrir todas los bosques sujetos a intervención humana, incluida toda la gama de prácticas de gestión: desde la protección de los bosques, la realización de plantaciones, la promoción de la regeneración natural, la producción comercial de madera, la extracción no-comercial de madera combustible y el abandono de las tierras gestionadas.

Este capítulo no incluye los productos de madera recolectada (PMR) de los que trata el Capítulo 12 de este Volumen.

Las Tierras forestales gestionadas se clasifican en dos subcategorías y la orientación y las metodologías se presentan por separado en dos secciones:

- Sección 4.2 Tierras forestales que permanecen como tales
- Sección 4.3 Tierras convertidas en tierras forestales

La Sección 4.2 se refiere a la metodología que se aplica a tierras que han sido Tierras forestales durante un lapso mayor que el de transición necesario para alcanzar nuevos niveles de carbono en el suelo (por defecto, 20 años). La Sección 4.3 se aplica a tierras convertidas en Tierras forestales durante el transcurso del periodo de transición. El intervalo de 20 años se toma como la duración por defecto del periodo de transición para los cambios en las existencias de carbono que siguen a un cambio en el uso de la tierra. Es una *buena práctica* diferenciar las tierras forestales nacionales según las dos categorías señaladas. La duración real del periodo de transición depende de las circunstancias naturales y ecológicas de un país o una región en particular y puede no ser de 20 años.

Los bosques no gestionados que se ponen bajo gestión se consideran en el inventario y se deben incluir en las *Tierras convertidas en tierras forestales*. Los bosques no gestionados que se convierten a otros usos de la tierra se consideran en el inventario bajo las categorías de uso de la tierra que les corresponde después de la conversión con el periodo de transición adecuado para la nueva categoría de uso de la tierra.

Si no se dispone de datos respecto a la conversión de la tierra y al periodo de transición, se supone, por defecto, que toda la tierra con bosques gestionados pertenece a la categoría *Tierras forestales que permanecen como tales* y las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero (GEI) se estiman según la orientación que se presenta en la Sección 4.2.

Depósitos de carbono y gases no CO₂ de interés

A continuación, se detallan los depósitos de carbono y los gases no CO₂ de interés para los que se proporcionan métodos:

- Biomasa (biomasa aérea y subterránea)
- Materia orgánica muerta (madera muerta y hojarasca)
- Materia orgánica del suelo
- Gases no CO₂ (CH₄, CO, N₂O, NO_x)

La selección de los depósitos de carbono y de los gases no CO₂ a estimar depende de la importancia del depósito y del nivel seleccionado para cada una de las categorías de uso de la tierra.

Clasificación del uso de la tierra en bosques

Las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero por hectárea varían según ciertos factores del sitio, los tipos de bosques o plantaciones, las etapas de desarrollo de la arboleda y las prácticas de manejo. Constituye una *buena práctica* estratificar las tierras forestales en varias subcategorías a fin de reducir la variación en el índice de crecimiento y en otros parámetros, y para reducir la incertidumbre (Recuadro 4.1). Por defecto, en estas *Directrices* se usan las clasificaciones más recientes de zonas ecológicas (véanse el Cuadro 4.1 de la Sección 4.5 y la Figura 4.1 de este capítulo) y de la cubierta forestal (véanse el Cuadro 4.2 de la Sección 4.5 y la Figura 4.2 de este Capítulo), desarrolladas por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2001). De estar disponible y ser adecuada, los expertos locales deben utilizar clasificaciones más detalladas para sus países, dados los demás requisitos de información.

RECUADRO 4.1
NIVELES DE DETALLE

La estratificación de los tipos de bosques en subcategorías homogéneas y, de ser posible, a nivel regional o subregional dentro de cada país, reduce la incertidumbre en las estimaciones de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero. Para mayor simplicidad y claridad, en este capítulo se analiza la estimación de emisiones y absorciones a nivel nacional y para un número relativamente pequeño de subcategorías de tierras forestales. Este nivel de detalle está diseñado para que coincida con las fuentes de que se dispone en cuanto a datos de entrada por defecto, contenidos de carbono y otras hipótesis. No obstante, es importante que los usuarios de estas Directrices comprendan que se los alienta a que -de ser posible- realicen los cálculos del inventario de emisiones de gases de efecto invernadero a un nivel de detalle más pormenorizado. Muchos países cuentan con información más detallada disponible respecto a bosques y a cambios de uso de la tierra que la utilizada para elaborar los valores por defecto que se presentan en este Capítulo. Estos datos se deben utilizar, si son adecuados, por las siguientes razones:

1. Detalles geográficos de nivel regional y no de nivel nacional

Los expertos pueden llegar a la conclusión de que son necesarias estimaciones de gases de efecto invernadero para diversas regiones del país para poder considerar las importantes variaciones geográficas de los tipos de ecosistemas, densidades de biomasa, fracciones de biomasa desmontada que se queman, etc.

2. Detalles más pormenorizados por subcategoría

Los expertos pueden subdividir las categorías y subcategorías de uso de la tierra recomendadas, a fin de reflejar diferencias importantes en cuanto a clima, ecología o especies, tipos de bosques, prácticas de uso de la tierra o de forestación, pautas de la recolección de madera combustible, etc.

En todos los casos, trabajar con niveles más pormenorizados de desagregación no modifica la naturaleza básica del método de estimaciones, aunque, por lo general, se va a hacer necesario contar con datos e hipótesis adicionales, más allá de los provistos por defecto en este capítulo. Una vez estimadas las emisiones de gases de efecto invernadero, utilizando el nivel de detalle más apropiado que determinen los expertos nacionales, los resultados deben agregarse a nivel nacional y a las categorías estándar requeridas en estas *Directrices*. Esto va a permitir que los resultados de los distintos países participantes puedan compararse. Generalmente, los datos y las hipótesis utilizadas para los niveles más pormenorizados de detalle también deberán declararse para así garantizar la transparencia y la repetibilidad de los métodos.

Terminología

La terminología que se emplee en los métodos para estimar las existencias y los cambios de la biomasa debe ser coherente con la terminología y las definiciones que utiliza la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). La FAO es la principal fuente de datos de la actividad y de factores de emisión para las categorías forestal y de otros usos de la tierra en los cálculos de Nivel 1. A continuación se citan algunos ejemplos de la terminología de la FAO: crecimiento de la biomasa, incremento medio anual, pérdida de biomasa, y recogida de madera. El Glosario que se presenta en el Anexo 4A.1 incluye las definiciones de estos términos.

Figura 4.1 Zonas ecológicas del mundo, sobre la base de pautas climáticas y de vegetación observadas (FAO, 2001). Datos sobre sistemas de información geográfica disponible en <http://www.fao.org>.

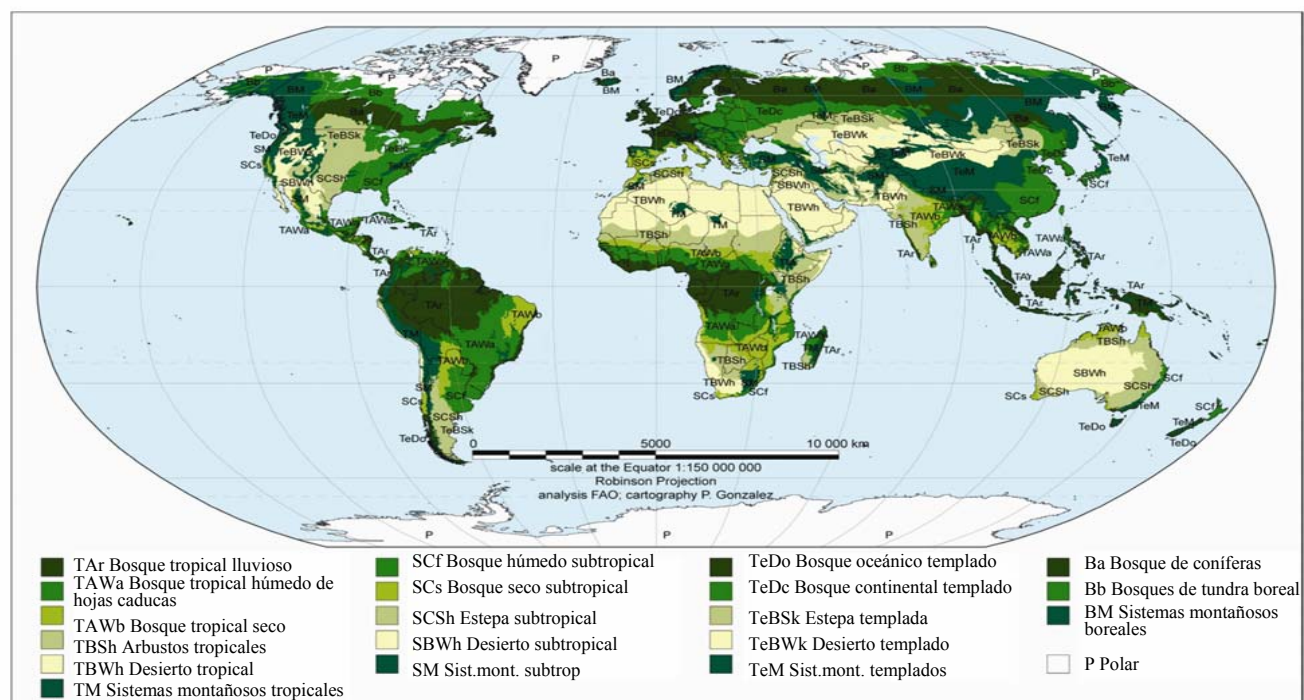
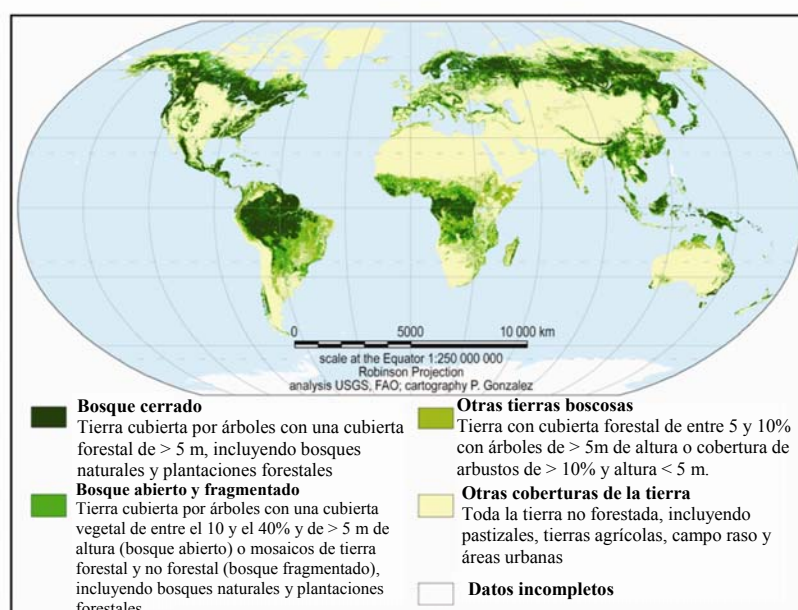


Figura 4.2 Cubierta forestal y terrestre a nivel mundial en 1995. La resolución espacial original de los datos forestales es de 1 km² (análisis del Sondeo Geológico de los EE.UU. (Loveland *et al.*, 2000) y FAO (2001)). Datos sobre sistemas de información geográfica disponible en <http://edc.usgs.gov>



4.2 TIERRAS FORESTALES QUE PERMANECEN COMO TALES

Esta sección se refiere a bosques gestionados que han permanecido como tierras forestales durante más de 20 años (por defecto) o durante lapsos más prolongados que el período de transición específico del país. El inventario de gases de efecto invernadero para las *Tierras forestales que permanecen como tales* (FF, del inglés *Forest Forest*) implica la estimación de los cambios producidos en las existencias de carbono de cinco depósitos de carbono (es decir, biomasa aérea, biomasa subterránea, madera muerta, hojarasca y materia orgánica del suelo), así como las emisiones de gases no CO₂. Los métodos para estimar las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero en tierras convertidas a tierras forestales durante los últimos 20 años (p. ej. de Tierras de cultivo y Pastizales) se presentan en la Sección 4.3. El conjunto de ecuaciones generales que se utilizan para estimar los cambios anuales de las existencias de carbono en tierras forestales se encuentran en el Capítulo 2.

4.2.1 Biomasa

En esta sección se presentan los métodos para estimar las ganancias y las pérdidas en la biomasa. Las ganancias incluyen el total del crecimiento de la biomasa (aérea y subterránea). Las pérdidas son por recogida/cosecha de rollizos, recogida/cosecha/recolección de madera combustible, y pérdidas por perturbaciones provocadas por incendios, insectos, enfermedades, etc. Cuando se producen tales pérdidas, también se reduce la biomasa subterránea y se transforma en materia orgánica muerta (DOM).

4.2.1.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

En el Capítulo 2 se describen dos métodos, a saber, el *Método de pérdidas y ganancias* que se basa en estimaciones del cambio anual en la biomasa a partir de estimaciones de la pérdida y la ganancia de biomasa (Ecuación 2.7) y un *Método de diferencia de existencias*, por el que se estima la diferencia en la existencia total de carbono en la biomasa en los momentos t_2 y t_1 (Ecuación 2.8).

El método de pérdida y ganancia de biomasa se puede aplicar en todos los niveles, aunque el método de diferencia de existencias es más apropiado para los Niveles 2 y 3. Esto se debe, en general, a que el método de diferencia de existencias ofrece estimaciones más fiables para incrementos o reducciones de biomasa relativamente grandes o en los casos en que se llevan a cabo inventarios forestales muy exactos. Para las zonas en las que hay mezcla de arboledas de diferentes tipos de bosques, y/o donde el cambio de la biomasa es muy pequeño comparado con la cantidad total de biomasa, el error de inventario cuando se aplica el método de diferencia de existencias puede ser mayor que el cambio que se esperaba. A menos que los inventarios periódicos ofrezcan estimaciones de existencias de materia orgánica muerta, además de las existencias en crecimiento, se debe tener presente que igual va a ser necesario contar con datos adicionales sobre mortalidad y pérdidas para estimar la transferencia a materia orgánica muerta, productos de madera recolectada y emisiones provocadas por perturbaciones. Los subsiguientes inventarios deben permitir también una cobertura idéntica de superficie a fin de obtener resultados fiables cuando se aplica el método de diferencia de existencias. Por lo tanto, la elección de utilizar el método de pérdidas y ganancias o el de diferencia de existencias al nivel apropiado será cuestión de dictamen de expertos, teniendo en cuenta los sistemas nacionales de inventario, la disponibilidad de datos y de información de sondeos ecológicos, las pautas de propiedad forestal y los datos de la actividad, los factores de conversión y de expansión, así como el análisis de costo-beneficio.

Se debe usar el árbol de decisiones que se presenta en la Figura 1.2 del Capítulo 1 como orientación para la elección entre los Niveles. Esto estimula el uso eficiente de los recursos disponibles, teniendo en cuenta si la biomasa de esta categoría constituye un depósito de carbono significativo o una categoría principal, según lo descrito en el Volumen 1, Capítulo 4.

Método de Nivel 1 (Método de pérdidas y ganancias de biomasa)

Es posible aplicar el Nivel 1 incluso cuando no se dispone de estimaciones de datos de la actividad ni de factores de emisión/absorción específicos del país, y resulta eficaz cuando los cambios del depósito de carbono en la biomasa de *Tierras forestales que permanecen como tales* son relativamente menores. El método requiere que la pérdida de carbono de la biomasa se reste de la ganancia de carbono de ésta (Ecuación 2.7). El cambio anual en las existencias de carbono en la biomasa puede estimarse aplicando el método de pérdidas y ganancias, por el que se estima el incremento anual de las existencias de carbono debido al crecimiento de la biomasa y la reducción anual de las existencias de carbono debida a las pérdidas de biomasa.

- El incremento anual de las existencias de carbono de la biomasa se estima aplicando la Ecuación 2.9, en la que la superficie de cada subcategoría forestal se multiplica por el incremento anual medio, en toneladas, de materia seca por hectárea por año.
- Dado que, habitualmente, el crecimiento de la biomasa se considera en términos de volumen venable de la biomasa aérea, se estima la biomasa subterránea mediante una relación biomasa subterránea/biomasa aérea (Ecuación 2.10). Como alternativa, el volumen venable (m^3) puede convertirse directamente al total de biomasa usando los factores de conversión y expansión de biomasa ($BCEF_1$), (Ecuación 2.10).
- Si no se dispone de los valores del $BCEF_1$ y si el factor de expansión de la biomasa (BEF) y los valores de densidad básica de la madera (D) se estiman individualmente, entonces, se puede usar la siguiente conversión:

$$BCEF_1 = BEF_1 \bullet D$$

Los Factores de expansión de biomasa (BEF_R) expanden el volumen venable a volumen total de biomasa aérea para justificar los componentes no venables del árbol, la arboleda y el bosque. El BEF_1 no tiene dimensión.

- Los valores promedio de biomasa aérea de las áreas forestales afectadas por perturbaciones se presentan en los Cuadros 4.7 y 4.8; los valores de crecimiento promedio anual de la biomasa aérea se proporcionan en los Cuadros 4.9, 4.10 y 4.12, los valores del incremento anual del volumen neto se encuentran en los Cuadros 4.11A y 4.11B; la densidad de la madera puede verse en los Cuadros 4.13 y 4.14; y las relaciones biomasa subterránea/biomasa aérea (R) se presentan en el Cuadro 4.4. Véase el Recuadro 4.2 para conocer una explicación detallada sobre cómo convertir y expandir a biomasa los volúmenes de existencias en crecimiento, incrementos y recogidas de madera.
- En algunos ecosistemas, la densidad básica de la madera (D) puede repercutir sobre las pautas espaciales de la biomasa forestal (Baker *et al.* 2004b). Los usuarios del Nivel 1 que no cuenten con mediciones de la densidad de la madera al nivel de sustratos necesario pueden estimar la densidad de la madera por la proporción de la biomasa forestal total aportada por las 2 o 3 especies dominantes y utilizando valores de densidad de la madera específicos de las especies (Cuadros 4.13 y 4.14) para calcular un valor de densidad de la madera promedio ponderado.
- La pérdida anual de biomasa o la reducción en las existencias de carbono de la biomasa se estiman utilizando la Ecuación 2.11, que requiere que se estimen la pérdida de anual de carbono debida a recogida de madera (Ecuación 2.12), la recogida de madera combustible (Ecuación 2.13) y las perturbaciones (Ecuación 2.14). La transferencia de biomasa a materia orgánica muerta se estima empleando la Ecuación 2.20, sobre la base de estimaciones de la pérdida anual de carbono de la biomasa debida a mortalidad (Ecuación 2.21), transferencia anual de carbono a broza (Ecuación 2.22).
- Las estimaciones de biomasa se convierten a valores de carbono utilizando la fracción de carbono de la materia seca (Cuadro 4.3).

Cuando las existencias en la biomasa o su cambio de categoría (o de subcategoría) son significativos o constituyen una categoría principal, es una *buena práctica* seleccionar una metodología de nivel superior para la estimación. La elección del método de Nivel 2 o 3 depende de los tipos y la exactitud de los datos de los modelos disponibles, del nivel de desagregación espacial de los datos de la actividad y de las circunstancias nacionales.

Si utiliza datos de la actividad recabados mediante el Método 1 (véase el Capítulo 3) y no es posible emplear datos complementarios para identificar la cantidad de tierra convertida *a* y *de* Tierras forestales, el compilador del inventario debe estimar las existencias de carbono en la biomasa de todas las tierras forestales usando el método de Nivel 1 descrito precedentemente para *Tierras forestales que permanecen como tales*.

Nivel 2

El Nivel 2 se puede usar en países donde las estimaciones de datos de la actividad y los factores de emisión/absorción están disponibles o pueden recabarse a un costo razonable. A igual que el Nivel 1, en el Nivel 2 se utilizan las Ecuaciones 2.7 a 2.14 (a excepción de la Ecuación 2.8). Los valores de densidad de la madera específicos para cada especie (Cuadros 4.13 y 4.14) permiten realizar el cálculo de la biomasa a partir de datos de inventarios forestales de especies específicas. Es posible aplicar el método de diferencia de existencias (Ecuación 2.8) en el Nivel 2 cuando se dispone de los datos específicos del país.

Nivel 3

El método de Nivel 3 para la estimación del cambio en las existencias de carbono de la biomasa permite la aplicación de toda una diversidad de métodos, incluidos los modelos basados en procesos. La aplicación puede diferir entre un país y otro debido a las diferencias en los métodos de inventario, las condiciones forestales y los

datos de la actividad. Por lo tanto, el uso de documentación transparente en cuanto a la validez y la exhaustividad de los datos, las hipótesis, las ecuaciones y los modelos es un aspecto crítico en el Nivel 3. Éste requiere el empleo de inventarios forestales nacionales detallados cuando se aplica el método de diferencia de existencias (Ecuación 2.8). Se los puede complementar mediante ecuaciones alométricas y modelos (por ejemplo, Chambers *et al.* (2001) y Baker *et al.* (2004a) para el Amazonas; Jenkins *et al.* (2004) y Kurz y Apps (2006) para América del Norte ; y Zianis *et al.* (2005) para Europa), calibrados para las circunstancias nacionales, lo que permite una estimación directa del crecimiento de la biomasa.

RECUADRO 4.2**FACTORES DE CONVERSIÓN Y EXPANSIÓN DE BIOMASA PARA DETERMINAR LA BIOMASA Y EL CARBONO EN BOSQUES¹**

Habitualmente, en los inventarios forestales y en los registros operativos se documentan las existencias en crecimiento, el incremento anual neto o las recogidas de madera en m³ de volumen venal. Esto excluye a los componentes aéreos no venables, como las copas de los árboles, ramas, brotes, follaje, a veces cepas, y los componentes subterráneos (raíces).

Por otra parte, las evaluaciones de las existencias y los cambios de biomasa y carbono se centran en el total de la biomasa, el crecimiento de la biomasa y las recogidas de biomasa (cosecha), incluidos los componentes, no venales expresados en toneladas de peso en seco. Hay varios métodos que pueden utilizarse para derivar la biomasa forestal y sus cambios. La biomasa aérea y sus cambios pueden derivarse de dos maneras, a saber:

(i) directamente, midiendo los atributos de árboles muestra en el campo, tales como sus diámetros y alturas, y aplicando ecuaciones alométricas específicas para cada especie o cuadros de biomasa basados en tales ecuaciones una vez o periódicamente.

(ii) indirectamente, transformando los datos de volumen disponibles de los inventarios forestales, p. ej. volumen venable de existencias en crecimiento, incremento anual neto o recogidas de madera (Somogyi *et al.*, 2006).

Con este último método se puede lograr la transformación aplicando funciones de regresión de biomasa, las que, por lo general, expresan la biomasa de ciertas especies o grupos de especies (ton/ha) o su índice de cambio, directamente como función de la densidad de las existencias en crecimiento (m³/ha) y de la edad, las ecorregiones u otras variables (Pan *et al.*, 2004).

En lugar de estas funciones de regresión de la biomasa, es más común que se aplique un factor de transformación único y discreto al volumen venable a fin de derivar la biomasa aérea y sus cambios.

(i) Los factores de expansión de biomasa (BEF) expanden el peso en seco² del volumen venable de existencias en crecimiento, incremento anual neto y recogidas de madera, para justificar los componentes no venables del árbol, la arboleda y el bosque. Antes de aplicar dichos BEF, el volumen venable (m³) debe convertirse a peso en seco (ton), multiplicando por un factor de conversión conocido como densidad básica de la madera (D) en (t/m³). Los BEF no tienen dimensión, dado que convierten entre unidades de peso.

Este método brinda los mejores resultados cuando los BEF se han determinado realmente sobre la base de pesos en seco y cuando se conocen bien cuáles son las densidades básicas de la madera aplicables localmente.

(ii) Factores de conversión y expansión (BCEF, del inglés *biomass conversion and expansion factors*) combinan conversión y expansión. Tienen como dimensión (t/m³) y transforman mediante una única multiplicación existencias en crecimiento, incremento anual neto y recogidas de madera (m³) directamente en biomasa aérea, crecimiento de la biomasa aérea o recogidas de biomasa (t).

Los BCEF son más apropiados. Se los puede aplicar directamente a datos de inventarios forestales basados en volumen y a registros operativos, sin tener que recurrir a densidades básicas de madera (D). Dan mejores resultados cuando se los ha derivado localmente y cuando se basan directamente en el volumen venal.

Matemáticamente, los BCEF y BEF se relacionan mediante:

$$\text{BCEF} = \text{BEF} \bullet D$$

¹ Véanse las definiciones de los términos en el glosario (Anexo 4A.1).

² Si bien estos factores de transformación se aplican de manera discreta, también se los puede expresar y describir como funciones continuas de la creciedensidad, antigüedad u otras variables de las existencias.

² En ciertas aplicaciones, los factores de expansión de biomasa expanden el peso en seco de los componentes venables a la biomasa total, incluidas las raíces, o amplían el volumen venable al volumen de biomasa aérea o total (Somogyi *et al.*, 2006). Según se los usa en este documento, los factores de expansión de la biomasa siempre transforman el peso en seco del volumen venable, incluida la corteza, la biomasa aérea, excepto las raíces.

Se requiere precaución para aplicar esta ecuación porque los factores de densidad básica de la madera y expansión de la biomasa tienden a estar correlacionados. Si se usó la misma muestra de árboles para determinar D, BEF o BCEF, la conversión no va a provocar error alguno. Si, por el contrario, no se conoce con certeza la densidad básica de la madera, transformar uno a otro podría provocar errores, ya que el BCEF lleva implícita una densidad básica de la madera específica pero desconocida. Lo ideal es que todos los factores de conversión y expansión se deriven o que su aplicabilidad se verifique localmente.

Tanto los BEF como los BCEF tienen a reducirse en función de la edad de la arboleda, a medida que se incrementa la densidad de las existencias (volumen de existencias en crecimiento por ha). Esto se debe al incremento de la relación entre volumen venable y volumen total. La reducción es rápida a densidades bajas de existencias en crecimiento o para arboledas jóvenes y se estabiliza cuando se trata de arboledas más viejas y cuando hay densidades de arboleda mayores.

GPG-LULUCF suministró solamente valores promedio de BEF por defecto, junto con rangos amplios, y una orientación general sobre cómo seleccionar los valores aplicables para países específicos a partir de tales rangos. Para facilitar la selección de los valores por defecto más fiables, en el Cuadro 4.5 de este documento se ofrecen factores por defecto en función de la densidad de las existencias en crecimiento. Dado que se han hallado en la bibliografía datos más exhaustivos y más recientes, el Cuadro 4.5 contiene solamente BCEF por defecto. Los países que cuentan con densidades básicas de la madera y BEF específicos del país sobre una base coherente pueden aplicarlos para calcular el BCEF específico del país utilizando la fórmula antes mencionada.

Los BCEF y BEF que se aplican a las existencias en crecimiento y al incremento anual neto son diferentes. En este documento, se utilizan los siguientes símbolos:

BCEF_S: factor de conversión y expansión de biomasa aplicable a existencias en crecimiento; convierte volumen venable de existencias en crecimiento a biomasa aérea.

BCEF_I: factor de conversión y expansión de biomasa aplicable a incremento anual neto; convierte volumen venable de incremento anual neto a crecimiento de biomasa aérea.

BCEF_R: factores de conversión y expansión de biomasa aplicables a recogidas de madera; convierte biomasa venable a biomasa total (corteza incluida). El BCEF_R and el BEF_R para recogida de madera y de madera combustible son de mayor magnitud que los referidos a existencias en crecimiento debido a la pérdida por cosecha (véase el Anexo 4A.1 Glosario). Si se desconoce el valor específico de pérdida por cosecha de un país dado, los valores por defecto son 10% para maderas duras y 8% para coníferas (Kramer y Akca, 1982). Los factores de conversión y expansión por defecto para recogida de madera se pueden derivar dividiendo los BCEF_S por (1–0,08) en el caso de la coníferas y por (1–0,1) en el de los latifoliados.

Es una *buena práctica* estimar la biomasa de las existencias en crecimiento, el crecimiento de biomasa aérea y las recogidas de biomasa aérea por estratos, documentar estos estratos y agregar los resultados *ex post*. Los métodos descritos precedentemente van a dar como resultado la biomasa aérea y sus cambios. Los resultados se deben ampliar a biomasa total mediante las relaciones biomasa subterránea/biomasa aérea aplicables.

4.2.1.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

En la aplicación del Método de pérdidas y ganancias se requieren el crecimiento de la biomasa aérea, el factor de conversión y expansión de biomasa (BCEF), el BEF, y/o las densidades básicas de la madera según el tipo de bosque y la zona climática de que se trate dentro del país, con más los factores de emisión relacionados con la pérdida de biomasa, incluyendo las pérdidas debidas a recogidas de madera, recogidas de madera combustible y perturbaciones.

Ganancia anual de carbono en la biomasa, ΔC_G

Crecimiento medio de la biomasa aérea (incremento), G_W

Nivel 1

Los valores por defecto del crecimiento de la biomasa aérea (G_W) que se presentan en los Cuadros 4.9, 4.10 y 4.12 se pueden usar en el Nivel 1. Si se dispone de los mismos, constituye una *buena práctica* utilizar otros valores regionales por defecto para los distintos tipos de bosques que correspondan al país.

Nivel 2

En el método de Nivel 2 se emplean datos más específicos del país para calcular el crecimiento de la biomasa aérea, G_w , a partir del incremento anual neto específico del país de las existencias en crecimiento (I_v). Los cuadros 4.11a y 4.11b presentan los valores por defecto de I_v . Los factores combinados por defecto para conversión y expansión de biomasa ($BCEF_1$) de I_v se presentan en el Cuadro 4.5. También se pueden emplear datos por separado del factor de expansión de biomasa por incremento (BEF_1) y de densidad básica de la madera (D) para convertir los datos disponibles a G_w . En los Cuadros 4.13 y 4.14 se presentan valores por defecto para la densidad básica de la madera.

Nivel 3

Bajo el Nivel 3, para la estimación basada en procesos se tendrá acceso a un inventario forestal detallado o a un sistema de monitorización con datos sobre existencias en crecimiento, así como a incrementos anuales netos del pasado y previstos y a funciones relativas a las existencias en crecimiento o al incremento anual neto directamente con la biomasa y con el crecimiento de la biomasa. También es posible derivar el incremento anual neto mediante simulación de procesos. Asimismo, se deben incorporar la fracción de carbono y la densidad básica de la madera específicas.

Habitualmente, los inventarios forestales contienen información sobre las existencias forestales en crecimiento y sobre el incremento anual neto del año en el que se realizan. Cuando el año del inventario no coincide con el año de declaración, deberán utilizarse los incrementos anuales netos interpolados o extrapolados o incrementos estimados mediante modelos (es decir, modelos capaces de simular la dinámica forestal), así como datos sobre cosechas y perturbaciones a fin de actualizar los datos del inventario al año de que se trate.

Crecimiento de la biomasa subterránea (incremento)**Nivel 1**

Como hipótesis por defecto coherente con las *Directrices del IPCC de 1996*, los cambios en las existencias subterráneas de carbono pueden ser inexistentes. Como alternativa, se pueden utilizar valores por defecto de las relaciones biomasa subterránea/biomasa aérea (R) para estimar el crecimiento de la biomasa subterránea. Los valores por defecto se presentan en el Cuadro 4.4. Estrictamente, estas relaciones biomasa subterránea/biomasa aérea sólo son válidas para existencias, pero no es factible que produzcan errores apreciables si se las aplica al crecimiento de la biomasa subterránea durante lapsos breves.

Nivel 2

Se deben usar las relaciones biomasa subterránea/biomasa aérea específicas del país para estimar la biomasa subterránea de diferentes tipos de bosques.

Nivel 3

Preferentemente, la biomasa subterránea debe incorporarse directamente a los modelos para calcular el incremento y las pérdidas totales de biomasa. Como alternativa, se pueden utilizar relaciones biomasa subterránea/biomasa aérea o modelos de regresión determinados a nivel nacional o regional (p. ej. Li *et al.*, 2003).

Pérdida anual de carbono en la biomasa, ΔC_L ***Pérdida de biomasa debida a recogidas de madera, $L_{\text{remoción-bosques}}$ y $L_{\text{madera-combustible}}$***

Cuando se calcula la pérdida de carbono a través de las recogidas de biomasa, es necesario contar con los siguientes factores: recogida de madera (H), recogida de madera combustible en forma de árboles o partes de árboles (FG), densidad básica de la madera (D), relación biomasa subterránea/biomasa aérea (R), fracción de carbono (CF), $BCEF$ para recogidas de madera. A pesar de que todas las recogidas de madera implican una pérdida para el depósito de biomasa forestal, en el Capítulo 12 se ofrece orientación para estimar el cambio anual de las existencias de carbono en productos de madera recolectada.

Perturbaciones, $L_{\text{perturbación}}$

La estimación de las demás pérdidas de carbono requiere datos respecto a las zonas afectadas por perturbaciones ($A_{\text{perturbación}}$) y a la biomasa de estas áreas forestales (B_w). Se requieren estimaciones de la biomasa aérea de los tipos de bosques afectados por perturbaciones, así como la relación entre biomasa subterránea y biomasa aérea y la fracción de biomasa perdida por las perturbaciones.

En el Capítulo 2, Cuadros 2.4, 2.5 y 2.6, se presentan los valores de consumo de biomasa, factores de emisión y factores de combustión necesarios para estimar la proporción de biomasa que se pierde en los incendios y la proporción que se transfiere a materia orgánica muerta bajo niveles superiores.

Nivel 1

La biomasa promedio varía según los tipos de bosques y las prácticas de manejo. Los valores por defecto se presentan en los Cuadros 4.9 y 4.10. En el caso de los incendios, se producen emisiones de CO_2 y de no CO_2 a partir de los combustibles de la biomasa aérea, incluido el sotobosque, que se queman. El fuego puede consumir

una gran proporción de la vegetación del sotobosque. En el caso de otras perturbaciones, una fracción de la biomasa aérea se transfiere a materia orgánica muerta y, según el Nivel 1, se supone que toda la biomasa de la zona sujeta a perturbación se libera durante el año de la perturbación.

Nivel 2

Bajo el Nivel 2, los cambios de la biomasa debidos a perturbaciones se tienen en cuenta por categoría forestal, tipo de perturbación e intensidad. Los valores promedio de la biomasa se obtienen de datos específicos del país.

Nivel 3

Además de calcularse las pérdidas de manera similar a lo indicado para el Nivel 2, en el Nivel 3 también se puede adoptar modelos en los que, habitualmente, se emplea información referenciada o espacialmente explícita respecto al año y al tipo de la perturbación.

4.2.1.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Superficie de tierras forestales gestionadas

En todos los niveles se requiere información sobre las superficies de tierras forestales gestionadas, según los diferentes tipos de bosques, clima, sistemas de gestión, y regiones.

Nivel 1

En el Nivel 1 se emplean datos de la superficie forestal que se pueden obtener a través de estadísticas nacionales, de organismos forestales (que pueden tener información sobre superficies dedicadas a diferentes prácticas de gestión), de organismos de conservación (especialmente respecto a superficies gestionadas para regeneración natural), de las municipalidades y de organismos a cargo de sondeos y mapeos. Se deberán realizar verificaciones cruzadas para asegurarse de que la información es completa y coherentemente representativa a fin de evitar omisiones o cálculos dobles, como se especifica en el Capítulo 3. Si no se dispone de datos a nivel país, se pueden obtener datos agregados a partir de fuentes de datos internacionales (FAO, 1995; FAO, 2001; TBFRA, 2000). Es una *buena práctica* verificar, validar y actualizar los datos de la FAO empleando fuentes nacionales.

Nivel 2

En el Nivel 2 se emplean conjuntos de datos nacionales definidos para cada país, según los diferentes tipos de bosques, el clima, los sistemas de gestión y las regiones, con una resolución suficiente para asegurar una representatividad adecuada de las superficies terrestres en concordancia con lo previsto en el Capítulo 3 de este volumen. El método 2 presentado en el Capítulo 3 es pertinente para el Nivel 2.

Nivel 3

En el Nivel 3 se utilizan datos específicos del país relativos a tierras forestales gestionadas obtenidos de diferentes fuentes, especialmente de inventarios forestales nacionales, registros de uso de la tierra y cambios e el uso de la tierra, o teledetección. Estos datos deberían proporcionar estimaciones completas de todas las transiciones en el uso de la tierra a tierras forestales y desagregadas por clima, suelos y tipos de vegetación. Se puede emplear una zona de la que haya referencias geográficas bajo distintos tipos de bosques a fin de analizar los cambios de superficie bajo diferentes tipos de uso de la tierra, utilizando el Método 3 del Capítulo 3.

Recogidas de madera

El inventario requiere contar con datos sobre recogidas de madera, incluidas las recogidas de madera combustible y pérdidas de biomasa debidas a perturbaciones, a fin de calcular los cambios en las existencias de biomasa y las transferencias de existencias de carbono. Además de las recogidas de madera con fines industriales, también puede haberlas para procesamiento en pequeña escala o para su venta directa a consumidores por parte de los propietarios de la tierra. Esta cantidad puede no estar incluida en las estadísticas oficiales y puede resultar necesario estimarla mediante sondeos. La madera combustible de ramas y copas de árboles talados se puede restar de las transferencias al depósito de madera muerta. La madera salvada de las zonas afectadas por perturbaciones también debe restarse de la biomasa, para garantizar que no se produzca el cómputo doble en los inventarios de Nivel 1 en los que la biomasa de las zonas afectadas por perturbaciones ya se consideró liberada a la atmósfera.

Cuando se utilizan las estadísticas de producción, los usuarios deben prestar mucha atención a las unidades con que se trabaja. Es importante verificar si la información de los datos originales se declara como biomasa, o como volúmenes bajo corteza o sobre corteza, para asegurarse de que los factores de expansión se utilizan solamente donde corresponde y de manera coherente.

A menos que se esté restringido a la representación de la tierra del Método 1 sin datos complementarios, para que todas las tierras forestales se contabilicen bajo *Tierras forestales que permanecen como tales*, no se deben incluir las recogidas de madera de tierras forestales bajo conversión a otros uso de la tierra entre las pérdidas declaradas para *Tierras forestales que permanecen como tales* puesto que se declaran estas pérdidas en la nueva

categoría de uso de la tierra. Si las estadísticas sobre recogidas de madera no incluyen la estratificación de las tierras, entonces deberá restarse del total de recogidas de madera una cantidad de biomasa aproximada a la pérdida de biomasa de tierras convertidas de tierras forestales.

La extracción de rollizos se encuentra publicada en el *UNECE/FAO Timber Bulletin* y por la FAO en su *Yearbook of Forest Products*. Este último se basa fundamentalmente en datos provistos por los países. A falta de datos oficiales, la FAO suministra una estimación basada en la mejor información de que se dispone. Por lo general, el *Anuario* de la FAO se publica cada dos años.

Nivel 1

Los datos de la FAO se pueden emplear como datos de H por defecto para el Nivel 1 en la Ecuación 2.12 del Capítulo 2. Los datos sobre rollizos incluyen toda la madera recogida de los bosques, que se declara en metros cúbicos de bajo corteza. Los datos de bajo corteza se deben convertir a sobre corteza antes de utilizar el factor $BCEF_R$. La conversión de volúmenes de bajo corteza a volúmenes de sobre corteza se realiza utilizando los porcentajes de corteza.

Nivel 2

Se debe usar la información específica de cada país.

Nivel 3

Se deben utilizar los datos de recogidas de madera específicos de cada país a una resolución espacial seleccionada para la declaración.

Recogida de madera combustible

Para la estimación de las pérdidas de carbono debidas a la recogida de madera combustible es necesario contar con el volumen anual de madera combustible recogida (FG) y con la densidad básica de la madera (D). La madera combustible se produce de diferentes maneras en los diversos países y va de la cosecha normal de madera, pasando por el uso de partes de árboles, hasta la recogida de madera muerta. La madera combustible constituye el mayor componente de la pérdida de biomasa en muchos países, por lo que se requiere contar con estimaciones confiables de esos países. Si es posible, la recogida de madera combustible de *Tierras forestales que permanecen como tales* y la procedente de la conversión de tierras forestales a otros usos debe mantenerse por separado.

Nivel 1

La FAO suministra estadísticas respecto a recogidas de madera combustible y de carbón vegetal para todos los países. Las estadísticas de la FAO se basan en lo que proveen los ministerios o departamentos respectivos de cada país y, en algunos casos, pueden dar cuenta de la totalidad de la recogida de madera combustible y de carbón vegetal, debido a las limitaciones de los sistemas nacionales de recolección de datos y de generación de informes. Consecuentemente, en el Nivel 1, las estadísticas de la FAO se pueden emplear directamente, pero se debe verificar su exhaustividad por parte de la fuente nacional que suministró los datos a la FAO, tales como el Ministerio de Silvicultura o de Agricultura u otra organización a cargo de estadísticas. Las estimaciones de la FAO u otras estimaciones nacionales se deben complementar mediante sondeos regionales o estudios locales sobre consumo de madera combustible, dado que la madera combustible se recoge de múltiples fuentes; bosques, residuos del procesamiento de la madera, granjas, haciendas, tierras de pastoreo comunitarias, etc. Si se dispone de información más completa a nivel nacional, se la debe utilizar.

Nivel 2

Si está disponible, se debe usar la información específica de cada país. Se pueden utilizar los sondeos regionales de recogidas de madera combustible para verificar y complementar las fuentes de datos nacionales o de la FAO. A nivel nacional, las recogidas agregadas de madera combustible pueden estimarse realizando sondeos a nivel regional de hogares rurales y urbanos con diferentes niveles de ingreso, industrias y establecimientos.

Nivel 3

Se deben utilizar los datos de recogidas de madera combustible resultantes de estudios a nivel nacional a la resolución requerida por el modelo de Nivel 3, incluyendo las recogidas de madera combustible no comerciales. La recogida de madera combustible se debe relacionar con los tipos de bosques y las regiones.

Los distintos métodos de recogida de madera combustible de *Tierras forestales que permanecen como tales* deben contabilizarse a nivel regional o desagregado mediante sondeos. Se debe identificar la fuente de la madera combustible para garantizar que no se produzcan cálculos dobles.

Perturbaciones

Se dispone de una base de datos sobre la tasa y el impacto de las perturbaciones naturales por tipo, para todos los países europeos (Schelhaas *et al.*, 2001) que se encuentra en: <http://www.efi.fi/>

Hay una base de datos del PNUMA sobre superficies quemadas a nivel mundial que se encuentra en: <http://www.grid.unep.ch/>

No obstante, debe recordarse que la base de datos del PNUMA sólo es válida para el año 2000. En muchos países, la variabilidad interanual de las superficies quemadas es considerable y, por ende, estas cifras no van a proporcionar un promedio representativo. Muchos países mantienen sus propias estadísticas de perturbaciones, p. ej. Stocks *et al.* (2002), las que se pueden emplear en los métodos de los Niveles 2 o 3 (Kurtz y Apps, 2006).

También debe consultarse el FRA2005 (FAO, 2005) en cuanto a datos sobre perturbaciones.

4.2.1.4 PASOS DE CÁLCULO PARA EL NIVEL 1

A continuación se resumen los pasos para estimar el cambio en las existencias de carbono en biomasa (ΔC_B) empleando métodos por defecto:

Paso 1: empleando la orientación dada en el Capítulo 3 (métodos para representar las superficies terrestres), categorizar el área (A) de *Tierras forestales que permanecen como tales* por tipos de bosques de diferentes zonas climáticas o ecológicas, según las haya adoptado cada país. Como punto de referencia, en el Anexo 3A.1 de la *GPG-LULUCF* (IPCC, 2003) se proporcionan datos a nivel nacional de áreas forestales y de cambios anuales en áreas forestales por región y por país, como medio de comparación. Como alternativa, periódicamente, la FAO también suministra datos sobre áreas;

Paso 2: estimar la ganancia anual de biomasa en *Tierras forestales que permanecen como tales* (ΔC_G) utilizando estimaciones de superficie y de crecimiento de biomasa para cada tipo de bosque y zona climática del país de que se disponga, empleando las Ecuaciones 2.9 y 2.10 del Capítulo 2.

Paso 3: estimar la pérdida anual de carbono debida a recogidas de madera ($L_{\text{remoción-bosques}}$) empleando la Ecuación 2.12 del Capítulo 2;

Paso 4: estimar la pérdida anual de carbono debida a la recogida de madera combustible ($L_{\text{madera-combustible}}$) empleando la Ecuación 2.13 del Capítulo 2;

Paso 5: estimar la pérdida anual de carbono debida a perturbaciones ($L_{\text{perturbación}}$) empleando la Ecuación 2.14 del Capítulo 2, evitando el computo doble de pérdidas ya cubiertas en recogidas de madera y de madera combustible;

Paso 6: a partir de las pérdidas estimadas en los Pasos 3 a 5, estimar la reducción anual de las existencias de carbono debida a pérdidas de biomasa (ΔC_L) empleando la Ecuación 2.11 del Capítulo 2;

Paso 7: estimar el cambio anual en las existencias de carbono en biomasa (ΔC_B) empleando la Ecuación 2.7 del Capítulo 2.

Ejemplo: en el siguiente ejemplo se muestran los cálculos del Método de pérdidas y ganancias (Nivel 1) para obtener los cambios anuales de las existencias de carbono en biomasa (ΔC_B), empleando la Ecuación 2.7 del Capítulo 2 ($\Delta C_B = (\Delta C_G - \Delta C_L)$), para un país hipotético en una zona forestal continental templada de Europa (Cuadro 4.1, Sección 4.5):

- la superficie de *Tierra forestales que permanecen como tales* (A) dentro del país es de 100 000 há (véase el Capítulo 3 en cuanto a categorización de superficies);
- se trata de un bosque de pinos de 25 años de edad cuyo volumen promedio de crecimiento en existencias aéreas es de $40 \text{ m}^3 \text{ há}^{-1}$;
- la cosecha de rollizos de madera venable sobre corteza (H) es de $1\,000 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$;
- la recogida de madera combustible en árboles enteros ($FG_{\text{árboles}}$) es de $500 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$;
- la superficie que sufre perturbaciones por insectos es de $2\,000 \text{ há año}^{-1}$ con biomasa aérea afectada de $4,0 \text{ ton d.m. há}^{-1}$.

La **ganancia anual en biomasa** (ΔC_G) es el producto del incremento anual medio de la biomasa (G_{TOTAL}), la superficie de tierra (A) y la fracción de carbono de la materia seca (CF); Ecuación 2.9 del Capítulo 2 ($\Delta C_G = \sum_{ij} (A \bullet G_{\text{TOTAL}} \bullet CF)$). G_{TOTAL} se calcula aplicando la Ecuación 2.10 del Capítulo 2 para valores dados de crecimiento anual de biomasa aérea (G_W), de la relación biomasa subterránea / biomasa aérea (R), y los cuadros de datos por defecto de la Sección 4.5.

Para el país hipotético,

$$G_W = 4,0 \text{ ton d.m. há}^{-1} \text{ año}^{-1} \text{ (Cuadro 4.9);}$$

$$R = 0,29 \text{ ton d.m. (ton d.m.)}^{-1} \text{ para biomasa aérea de 50 a 150 ton há}^{-1} \text{ (Cuadro 4.4 con referencia al Cuadro 4.7 para biomasa aérea);}$$

$$G_{\text{TOTAL}} = 4,0 \text{ ton d.m. há}^{-1} \text{ año}^{-1} \bullet (1 + 0,29) = 5,16 \text{ ton d.m. há}^{-1} \text{ año}^{-1} \text{ (Ecuación 2.10); y}$$

$$CF = 0,47 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1} \text{ (Cuadro 4.3).}$$

$$\text{Consecuentemente, (Ecuación 2.9): } \Delta C_G = 100\,000 \text{ há} \bullet 5,16 \text{ ton d.m. há}^{-1} \text{ año}^{-1} \bullet 0,47 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1} = 242\,520 \text{ ton C año}^{-1}.$$

La **pérdida de biomasa** (ΔC_L) es la suma de la pérdida anual debida a recogidas de madera ($L_{\text{remoción-bosques}}$), recogida de madera combustible ($L_{\text{madera-combustible}}$) y perturbaciones ($L_{\text{perturbación}}$), Ecuación 2.11 del Capítulo 2.

La *recogida de madera* ($L_{\text{remoción-bosques}}$) se calcula con la Ecuación 2.12 del Capítulo 2, madera en rollizos venable sobre corteza (H), factor de expansión de la conversión de biomasa ($BCEF_R$), fracción de corteza en la madera recolectada (BF), relación biomasa subterránea / biomasa aérea (R), fracción de carbono de la materia seca (CF) y cuadros por defecto, Sección 4.5.

Para el país hipotético,

$$BCEF_R = 1,11 \text{ ton d.m. m}^{-3} \text{ (Cuadro 4.5 con referencia al volumen de existencias en crecimiento } 40 \text{ m}^3 \text{ há}^{-1}\text{);}$$

$$BF = 0,1 \text{ ton d.m. (ton d.m.)}^{-1}. R = 0,29 \text{ ton d.m. (ton d.m.)}^{-1} \text{ para biomasa aérea de 50 a 150 t há}^{-1} \text{ (Cuadro 4.4; en cuanto a biomasa aérea véase el Cuadro 4.7); y}$$

$$CF = 0,47 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1} \text{ (Cuadro 4.3).}$$

$$L_{\text{remoción-bosques}} = 1.000 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1} \bullet 1,11 \text{ ton d.m. m}^{-3} (1 + 0,29 + 0,1) \bullet 0,47 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1} \\ = 725,16 \text{ ton C año}^{-1} \text{ (Ecuación 2.12).}$$

La *recogida de madera combustible* ($L_{\text{madera-combustible}}$) se calcula con la Ecuación 2.13 del Capítulo 2, recogidas de madera en forma de árboles enteros ($FG_{\text{árboles}}$), factor de expansión de la conversión de biomasa ($BCEF_R$), relación biomasa subterránea / biomasa aérea (R), fracción de carbono de la materia seca (CF) y cuadros por defecto de la Sección 4.5. Para el país hipotético,

$$BCEF_R = 1,11 \text{ ton d.m. m}^{-3} \text{ (Cuadro 4.5 con referencia al volumen de existencias en crecimiento } 40 \text{ m}^3 \text{ há}^{-1}\text{);}$$

$$R = 0,29 \text{ ton d.m. (ton d.m.)}^{-1} \text{ para biomasa aérea de 50 a 150 ton há}^{-1} \text{ (Cuadro 4.4 con referencia al Cuadro 4.7 para biomasa aérea); y}$$

$$CF = 0,47 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1} \text{ (Cuadro 4.3).}$$

$$L_{\text{remoción-bosques}} = 500 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1} \bullet 0,75 \text{ ton d.m. m}^{-3} (1 + 0,29) \bullet 0,47 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1} \\ = 336,50 \text{ ton C año}^{-1} \text{ (Ecuación 2.13).}$$

La *pérdida anual de carbono en biomasa debida a perturbaciones* ($L_{\text{perturbación}}$) se calcula aplicando la Ecuación 2.14, Capítulo 2, superficie de perturbaciones ($A_{\text{perturbación}}$), promedio de biomasa aérea afectada (B_w), relación biomasa subterránea / biomasa aérea (R), fracción de carbono de la materia seca (CF), fracción de biomasa perdida durante la perturbación (fd) y cuadros por defecto de la Sección 4.5. Para el país hipotético,

$$R = 0,29 \text{ ton d.m. (ton d.m.)}^{-1} \text{ para biomasa aérea de 50 a 150 ton há}^{-1} \text{ (Cuadro 4.4, con referencia a biomasa aérea véase el Cuadro 4.7);}$$

$$CF = 0,47 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1} \text{ (Cuadro 4.3); y } fd = 0,3$$

$$L_{\text{perturbación}} = 2\,000 \text{ há año}^{-1} \bullet 4,0 \text{ ton d.m. há}^{-1} (1 + 0,29) \bullet 0,47 \text{ ton C (ton dm)}^{-1} \bullet 0,3 \\ = 1\,455,12 \text{ ton C año}^{-1} \text{ (Ecuación 2,14)}$$

Reducción anual en las existencias de carbono debida a pérdidas de biomasa (ΔC_L),

$$\Delta C_L = 725,16 \text{ ton C año}^{-1} + 336,50 \text{ ton C año}^{-1} + 1\,455,12 \text{ ton C año}^{-1} \\ = 2\,516,78 \text{ ton C año}^{-1} \text{ (Ecuación 2.11)}$$

Cambios anuales en las existencias de carbono en biomasa (ΔC_B)

Aplicando la Ecuación 2.7 del Capítulo 2 ($\Delta C_B = (\Delta C_G - \Delta C_L)$),

$$\Delta C_B = 242\,520 \text{ ton C año}^{-1} - 2\,516,78 \text{ ton C año}^{-1} = 240\,003,22 \text{ ton C año}^{-1}$$

4.2.1.5 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

En esta sección se consideran incertidumbres específicas de las fuentes pertinentes para las estimaciones de inventario realizadas para *Tierras forestales que permanecen como tales*. La estimación de valores específicos por país y/o desagregados requiere información más exacta en cuanto a incertidumbres que la que se proporciona a continuación. En el Volumen 1, Capítulo 3, se proporciona información respecto a incertidumbres relacionadas con estudios basados en muestras. En la bibliografía disponible respecto a estimaciones de incertidumbre sobre factores de emisión y datos de la actividad es limitada.

Factores de emisión y absorción

La FAO (2006) suministra estimaciones de incertidumbre respecto a factores de carbono forestal; densidad básica de la madera (10 a 40%); incremento anual en los bosques gestionados de los países industrializados (6%); existencias en crecimiento (países industrializados 8%, países no industrializados 30%); pérdidas naturales combinadas para países industrializados (15%); recogidas de madera y de madera combustible (países industrializados 20%).

En Finlandia, la incertidumbre en cuanto a la densidad básica de la madera de pino, abeto y abedul es de menos del 20% según estudios de Hakkila (1968, 1979). La variabilidad entre arboledas forestales de la misma especie debe ser menor o, como máximo, equivalente a la de cada árbol de la misma especie. En Finlandia, la incertidumbre de los factores de expansión de biomasa para pino, abeto y abedul era de aproximadamente un 10% (Lehtonen *et al.*, 2003).

En ocho parcelas de inventario de bosques tropicales del Amazonas, los errores de medición combinados llevaron a errores de entre un 10 y un 30% en las estimaciones del cambio de la superficie basimétrica durante períodos de menos de 10 años (Phillips *et al.*, 2002).

Las principales fuentes de incertidumbre en cuanto a densidad de la madera y a los factores de expansión de la biomasa son la edad de la arboleda, su composición en especies y su estructura. Para reducir la incertidumbre, se alienta a los países a desarrollar factores de expansión de biomasa específicos para cada país o región, así como BCEF que se adapten a sus condiciones. En caso de que no se disponga de valores específicos del país o de la región, se deben verificar las fuentes de los parámetros por defecto y analizar si se corresponden con las condiciones específicas del país.

Entre las causas de la variación del incremento anual se incluyen el clima, las condiciones de crecimiento del sitio y la fertilidad del suelo. Las arboledas regeneradas artificialmente y gestionadas son menos variables que los bosques naturales. Las formas más importantes de mejorar la exactitud de las estimaciones se relacionan con

la aplicación de incrementos específicos de un país dado o regionales estratificados por tipo de bosque. Si se emplean los valores por defecto del incremento, la incertidumbre de las estimaciones debe indicarse y documentarse claramente. En los métodos del Nivel 3 se pueden utilizar curvas de crecimiento estratificadas por especies, zonas ecológicas, productividad del sitio e intensidad de gestión. Hay métodos similares que se usan habitualmente en los modelos de planificación de suministro de madera y esta información se puede incorporar en los modelos de contabilización de carbono (p. ej. Kurz *et al.*, 2002).

Los datos relativos a las talas comerciales son relativamente exactos, aunque puede ser incompletos o sesgados debido a talas ilegales y a talas no informadas por reglamentaciones fiscales. Es posible que la madera tradicional que se recoge y se usa directamente, sin que se la venda, no esté incluida en ninguna estadística. Los países deben tener presentes estos aspectos. La cantidad de madera que se saca de los bosques después de las tormentas o de brotes de peste varía en tiempo y en volumen. No se pueden suministrar datos por defecto de estos tipos de pérdidas. Las incertidumbres relacionadas con estas pérdidas pueden estimarse a partir de la cantidad de madera deteriorada que se saca directamente del bosque o utilizando datos sobre madera deteriorada que se utiliza posteriormente con propósitos comerciales y de otros tipos. Si la recogida de madera combustible se considera por separado de las talas, las incertidumbres que pueden surgir podrían ser significativas dada la alta incertidumbre implícita en la recogida tradicional.

Datos de la actividad

Deben obtenerse los datos de la zona empleando la orientación del Capítulo 3 o de la FAO (2000). En los países industrializados se ha estimado una incertidumbre en las estimaciones de superficies forestales de aproximadamente un 3% (FAO, 2000).

4.2.2 Materia orgánica muerta

La descripción general de los métodos para estimar cambios en las existencias de carbono de los depósitos de materia orgánica muerta (DOM) (hojarasca y madera muerta) se ha presentado en el Capítulo 2.

Esta sección se centra en los métodos para la estimación de los cambios en las existencias de carbono de los depósitos de materia orgánica muerta en lo referido a *Tierras forestales que permanecen como tales*. En los métodos del Nivel 1 se supone que los cambios netos en las existencias de carbono de los depósitos de DOM equivalen a cero porque las ecuaciones simples de entradas y salidas que se emplean en los métodos del Nivel 1 no son apropiadas para reproducir la dinámica de los depósitos de DOM. Los países que deseen cuantificar la dinámica de la DOM deben desarrollar las metodologías de los Niveles 2 o 3. Los países en los que la DOM constituya una categoría principal deben adoptar niveles superiores y estimar los cambios respectivos.

Los depósitos de madera muerta (DW) contienen carbono en los restos leñosos brutos, en raíces muertas brutas, en árboles muertos en pie, y en otros materiales muertos que no están incluidos en los depósitos de carbono de la hojarasca o del suelo. La estimación de la magnitud y la dinámica de los depósitos de madera muerta plantea muchas limitaciones prácticas, en particular las relacionadas con las mediciones del campo. Por lo general, las incertidumbres relacionadas con las estimaciones de la tasa de transferencia de los depósitos de DW a los de hojarasca y del suelo, así como las de las emisiones a la atmósfera, son elevadas. La cantidad de madera muerta es muy variable en diferentes arboledas, tanto en tierras gestionadas (Duvall y Grigal, 1999; Chojnacky y Heath, 2002) como no gestionadas (Spies *et al.*, 1988). Las cantidades de madera muerta dependen del tiempo transcurrido desde la última perturbación, del tipo de la última perturbación, de las pérdidas ocurridas durante las perturbaciones, de la cantidad de ingreso de biomasa (mortalidad) en el momento de la perturbación (Spies *et al.*, 1988), de las tasas de mortalidad natural, de las tasas de descomposición, y de la gestión (Harmon *et al.*, 1986).

Las tasas de acumulación de hojarasca neta pueden estimarse con el método de diferencia de existencias o el de pérdidas y ganancias. Este último requiere una estimación del balance de la cantidad anual de caída de hojarasca (que incluye todas las hojas, brotes y ramitas, frutas, flores, raíces y corteza) menos la tasa anual de descomposición de la hojarasca. Además, las perturbaciones pueden agregar o quitar carbono del depósito de hojarasca, lo cual ejerce así una influencia sobre la magnitud y la composición del depósito de hojarasca. La dinámica de la hojarasca durante las primeras etapas de desarrollo de la arboleda depende del tipo y de la intensidad de la última perturbación. En los casos en que la perturbación haya transferido biomasa a los depósitos de DOM (p. ej., arrojada por el viento o por muerte de insectos), los depósitos de hojarasca pueden reducirse hasta que las pérdidas se compensen por ingresos de hojarasca. En los casos en que la perturbación haya reducido la hojarasca (p. ej. incendio natural), los depósitos de hojarasca pueden incrementarse durante las primeras etapas del desarrollo de la arboleda, si el ingreso de hojarasca es mayor que la descomposición. La gestión, como es el caso de la cosecha de madera, de la quema de broza y de la preparación del sitio, altera las propiedades de la hojarasca (Fisher y Binkley, 2000), aunque hay pocos estudios en los que se documenten claramente los efectos de la gestión sobre el carbono de la hojarasca (Smith y Heath, 2002).

4.2.2.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

El árbol de decisiones de la Figura 2.3 del Capítulo 2 ofrece orientación para la selección del nivel de método apropiado para la aplicación de los procedimientos de estimación. La elección del método se describe conjuntamente para madera muerta y hojarasca, ya que las ecuaciones son idénticas para ambas, pero las estimaciones se calculan por separado para cada uno de los dos depósitos.

La estimación de los cambios en las existencias de carbono de los depósitos de DOM requiere estimaciones de los cambios de las existencias de carbono en los depósitos de madera muerta y de hojarasca (véase la Ecuación 2.17 del Capítulo 2).

Nivel 1

El método del Nivel 1 se supone que las existencias de carbono en la madera muerta y la hojarasca están en equilibrio, por lo que se supone que los cambios de las existencias de carbono en los depósitos de DOM son nulos. Se aconseja a los países que experimentan cambios significativos en los tipos de bosques, las perturbaciones o los regímenes de gestión de sus bosques, a desarrollar datos locales para cuantificar los impactos de estos cambios empleando las metodologías de Niveles 2 o 3 y que declaren los cambios resultantes en las existencias de carbono y de las emisiones de no CO₂.

Niveles 2 y 3

Se dispone de dos métodos generales para estimar los cambios de las existencias de carbono en madera muerta y hojarasca. Existen métodos similares para la estimación de cambios de existencias de carbono en la biomasa, y la elección del método para estimar los cambios de la DOM puede verse afectada por la elección del método para la estimación de los cambios en las existencias de carbono en la biomasa.

Método de pérdidas y ganancias: en el método de pérdidas y ganancias se emplea el equilibrio de masa de las entradas y pérdidas de los depósitos de madera muerta y de hojarasca para estimar los cambios de las existencias durante un período dado. Esto implica estimar la superficie de *Tierras forestales que permanecen como tales* bajo gestión y la transferencia anual promedio de existencias de carbono a y de los depósitos de madera muerta y hojarasca (Ecuación 2.18 del Capítulo 2). Para reducir la incertidumbre, la superficie calificada como *Tierras forestales que permanecen como tales* se puede estratificar aun más por zonas climáticas o ecológicas, y se la puede clasificar por tipo de bosques, productividad, régimen de perturbaciones, prácticas de gestión u otros factores que tienen incidencia sobre la dinámica de los depósitos de carbono en madera muerta y hojarasca. La estimación del balance neto requiere un cálculo en base hectáreas de las transferencias anuales a los depósitos de madera muerta y hojarasca producidas por mortalidad de tallos, caída de hojarasca y renovación, así como las pérdidas por descomposición. Además, en zonas sujetas a actividades de gestión o a perturbaciones naturales, se va a agregar madera muerta y hojarasca en forma de residuos de biomasa, y se las va a transferir a través de la cosecha (el salvamento de árboles muertos en pie), el quemado u otro mecanismo.

Constituye una *buena práctica* que la estratificación de las tierras forestales adoptadas para DOM sea idéntica a la empleada para la estimación de cambios en las existencias de carbono en la biomasa.

Método de diferencia de existencias: Implica la estimación de la superficie de *Tierras forestales que permanecen como tales* bajo gestión, determinar las existencias de carbono en la madera muerta y la hojarasca en dos momentos diferentes y el cálculo de la diferencia entre dos estimaciones de existencias de carbono (Ecuación 2.19 del Capítulo 2). El cambio ocurrido en las existencias anuales de carbono de un año de inventario se obtiene dividiendo el cambio en las existencias de carbono por el período (años) transcurrido entre dos mediciones. El método 2 sólo es factible en países que tengan inventarios forestales basados en parcelas de muestreo. El cálculo de los cambios en las existencias de carbono como la diferencia entre las existencias de carbono en dos momentos diferentes requiere que las superficies del momento t1 y del momento t2 sean idénticas, a fin de asegurarse de que las existencias de carbono declaradas no sean el resultado de cambios en superficie.

En cuanto a los métodos de los Niveles 2 y 3, ambas opciones exigen muchos datos y requieren mediciones de campo y modelos para su puesta en práctica. Tales modelos se pueden elaborar sobre la base del conocimiento y la información recopilados para la simulación de dinámicas forestales, como los que se emplean en el proceso de planificación del suministro de madera (p. ej. Kurz *et al.*, 2002, y Kurz y Apps, 2006).

4.2.2.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN/ABSORCIÓN

Nivel 1

Por defecto, se supone que las existencias de carbono en los depósitos de DOM de las *Tierras forestales que permanecen como tales* son estables. Se supone que las emisiones de dióxido de carbono que se originan en los depósitos de madera muerta y hojarasca durante los incendios naturales equivalen a cero, como tampoco se cuenta la acumulación de carbono en los depósitos de madera muerta y hojarasca ocurrida durante la

regeneración. Las emisiones de no-CO₂ producidas por incendios naturales, incluso las de CH₄ y CO, se estiman en el Nivel 1.

Niveles 2 y 3

El parámetro f_{BLol} es la fracción del total de biomasa que queda para su descomposición en el suelo; véase el Capítulo 2, Ecuación 2.20. La resolución y la exactitud del carbono transferido se corresponden con los factores de expansión que se apliquen al cálculo de las pérdidas.

La estimación del f_{BLol} en el Nivel 2 requiere datos nacionales de las proporciones, en promedio, del carbono que queda después de las perturbaciones. En el Capítulo 2 se incluyen dos cuadros para cuando los datos nacionales son incompletos:

- Valores del factor de combustión por defecto a utilizar como $(1 - f_{BL})$ en caso de que el país cuente con buena información sobre las existencias de biomasa en crecimiento; en este caso, se utiliza la proporción perdida; véase el Cuadro 2.6.
- Valores de absorciones de biomasa por defecto a utilizar como $[M_B \cdot (1 - f_{BL})]$ en caso de que los datos sobre las existencias de biomasa en crecimiento no sean confiables. M_B es la masa de combustible disponible para la combustión (véanse el Cuadro 2.4 y la Ecuación 2.27 del Capítulo 2).

Los valores específicos para cada país de la transferencia de carbono de los árboles vivos que se cosechan a residuos de cosecha puede derivarse de los factores de expansión del país de que se trate, teniendo en cuenta el tipo de bosque (coníferas/de hoja ancha/mezcla), la tasa de utilización de la biomasa, las prácticas de cosecha y la cantidad de árboles deteriorados durante las operaciones de cosecha. Tanto la cosecha como las perturbaciones naturales le agregan biomasa a los depósitos de madera muerta y de hojarasca. Otras prácticas de gestión (como el quemado de residuos de cosecha) y los incendios naturales le quitan carbono a los depósitos de madera muerta y de hojarasca. Si se conocen la superficie que se halla bajo cada práctica de manejo y el tipo de bosque afectado por la perturbación, entonces, pueden utilizarse las matrices de perturbación (véase el Capítulo 2, Cuadro 2.1; Kurz *et al.*, 1992) para definir, para cada tipo de perturbación, la proporción de cada depósito de carbono de biomasa, de materia orgánica muerta y del suelo que se transfiere a otros depósitos, a la atmósfera, o que se quita del bosque durante la cosecha.

La estimación de f_{BLol} en el Nivel 3 exige un conocimiento más detallado de la proporción de emisiones rápidas de perturbaciones tales como incendios y tormentas de viento. Los datos deben obtenerse mediante mediciones *in situ* o a partir de estudios de perturbaciones similares. Se han desarrollado matrices de perturbaciones (véase el Capítulo 2, Cuadro 2.1) para definir, para cada tipo de perturbación, la proporción de biomasa (y de todos los demás depósitos de carbono) que se transfiere a otros depósitos de carbono, se libera a la atmósfera o se transfiere a productos de madera recolectada (Kurz *et al.*, 1992). Las matrices de perturbaciones aseguran la conservación de carbono cuando se calculan los impactos inmediatos de la cosecha o de las perturbaciones sobre el carbono del ecosistema.

Los métodos del Nivel 3 se basan en modelos más complejos de contabilización del carbono forestal que hacen un seguimiento de las tasas de ingreso y pérdidas de los depósitos de materia orgánica muerta para cada tipo de bosque, productividad y clase etárea. En los casos en los que se cuente con inventarios forestales exhaustivos que incluyan re-mediciones de depósitos de materia orgánica muerta, las estimaciones de cambios en las existencias de carbono se pueden derivar también empleando el método de diferencia de existencias descrito en la Ecuación 2.19 del Capítulo 2. Constituye una *buena práctica* que los métodos basados en existencias con muestreos periódicos respeten los principios establecidos en el Capítulo 3, Anexo 3A.3. Los métodos basados en existencias pueden usarse en paralelo con modelos para reproducir la dinámica de todos los depósitos de carbono forestales. Los métodos del Nivel 3 permiten obtener estimaciones con mayor certidumbre que los niveles inferiores y se caracterizan por una mejor relación entre la dinámica de los depósitos de carbono de la biomasa y de la materia orgánica muerta. Otros parámetros importantes en la modelización de los balances de carbono en madera muerta y hojarasca son las tasas de descomposición, las que pueden variar según el tipo de bosque y las condiciones climáticas, y las prácticas de gestión forestal (p. ej. quemado o entresacado y otras formas de cosecha parcial).

4.2.2.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Los países que utilizan un método del Nivel 1 no requieren datos de la actividad para la estimación de los cambios en las existencias de carbono de la DOM en las *Tierras forestales que permanecen como tales*.

Los países que utilizan niveles superiores requieren datos de la actividad en las zonas de *Tierras forestales que permanecen como tales* clasificados por principales tipos de bosques, prácticas de gestión y regímenes de perturbaciones. Los datos del total de la superficie forestal y de todas las demás actividades deben ser coherentes con los declarados en otras secciones de este capítulo, en especial los de la sección biomasa de *Tierras forestales*

que permanecen como tales (Sección 4.2.1). Los datos de la actividad específicos de cada país para las zonas afectadas anualmente por cosechas y perturbaciones pueden derivarse de los programas nacionales de monitorización. La estimación de los cambios en las existencias de carbono de la DOM se facilita considerablemente si esta información puede utilizarse conjuntamente con los datos nacionales sobre suelos y clima, inventarios de vegetación y otros datos geofísicos.

Las fuentes de datos varían según el sistema de gestión forestal de cada país. Se pueden compilar datos de contratistas o empresas individuales, de organismos de regulación y de entidades gubernamentales responsables de inventarios y gestión forestales, así como de instituciones de investigación. Los formatos de los datos son muy variados e incluyen, entre otros, informes de actividades presentados regularmente en el marco de programas de incentivos o según lo exigido por reglamentaciones, inventarios de gestión forestal y de programas de monitorización que utilizan imágenes de detección remota (Wulder *et al.*, 2004).

4.2.2.4 PASOS DE CÁLCULO PARA EL NIVEL 1

Dado que el Nivel 1 no supone cambio alguno en la DOM de las *Tierras forestales que permanecen como tales*, la orientación relativa a los pasos de cálculo no es pertinente.

4.2.2.5 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

En el Nivel 1, por definición, se supone que las existencias de carbono son estables y, por lo tanto, no corresponde efectuar análisis formales de incertidumbre. De hecho, tal hipótesis casi nunca es verdadera a nivel de las arboledas y es poco factible que lo sea en general, aunque el error resultante podría ser pequeño para un paisaje forestado porque los incrementos producidos en ciertas arboledas podrían ser compensados por las reducciones en otras, aunque para todo un paisaje o un país, los depósitos de materia orgánica muerta pueden estar en aumento o reduciéndose. La comprensión de los tipos de cambios que se están produciendo en los bosques de un país puede permitirnos una visión cualitativa respecto a la tendencia de cambios en los depósitos de materia orgánica muerta. Por ejemplo, en algunos países, las existencias en crecimiento de biomasa se están incrementando porque las pérdidas producidas por cosechas y perturbaciones son menores que los incrementos por crecimiento. Es factible que los depósitos de materia orgánica muerta también estén creciendo, aunque la tasa de crecimiento no pueda conocerse a menos que se utilice un método de estimación de los Niveles 2 o 3.

Es factible que los países que utilizan métodos en los que se supone que todas las pérdidas de carbono se producen en el año de la perturbación sobreestimen las pérdidas por perturbaciones en los años en que se produzcan perturbaciones que excedan el promedio, y que subestimen las verdaderas emisiones en los años con perturbaciones por debajo del promedio. Es factible que los países con tasas de cosechas y de perturbaciones bastante constantes que confían en tales métodos conozcan más de cerca los verdaderos cambios en las existencias netas de carbono.

La incertidumbre de las estimaciones cuando se utilizan métodos de nivel superior se deben evaluar para cada país en particular utilizando el dictamen de expertos. Es justo suponer que la incertidumbre de las estimaciones de cambios en las existencias de carbono de la materia orgánica muerta es, en general, mayor que la de las estimaciones de cambios en las existencias de carbono en la biomasa porque, en la mayoría de los países, se dispone de una cantidad de información considerablemente mayor sobre existencias de biomasa que sobre existencias de materia orgánica muerta. Es más, por lo general, los modelos que describen la dinámica de la biomasa son más avanzados que los referidos a la dinámica de la materia orgánica muerta.

Dada la importancia cada vez mayor de comprender los componentes no-madereros de los ecosistemas forestales, en muchos países se ha hecho una revisión de los procedimientos de inventario. Hay una disponibilidad cada vez mayor de datos sobre las existencias de carbono en la materia orgánica muerta y sobre su dinámica, lo que va a permitir a los organismos a cargo de los inventarios una mejor identificación, cuantificación y reducción de las incertidumbres en las estimaciones de materia orgánica muerta en los próximos años.

4.2.3 Carbono del suelo

En esta sección se explican los procedimientos de estimación y las *buenas prácticas* para estimar los cambios en las existencias de C de los suelos forestales. No incluye la hojarasca forestal, que es un depósito de materia orgánica muerta. Se brinda orientación por separado respecto a dos tipos de suelos forestales: 1) suelos forestales minerales, y 2) suelos forestales orgánicos.

Lo habitual es que el contenido de C orgánico de los suelos forestales minerales (hasta 1 m de profundidad) varíe entre 20 y más de 300 toneladas de C há^{-1} según el tipo de bosques y las condiciones climáticas (Jobbagy and

Jackson, 2000). A nivel mundial, los suelos forestales minerales contienen aproximadamente 700 Pg C (Dixon *et al.*, 1994), aunque los depósitos de C orgánico no son estáticos debido a las diferencias entre las entradas y las salidas de C ocurridas a través del tiempo. En gran parte, las entradas están determinadas por la productividad forestal, la descomposición de la hojarasca y su incorporación al suelo mineral y la subsiguiente pérdida producida por la mineralización/respiración (Pregitzer, 2003). Hay otras pérdidas de C orgánico del suelo que se producen por la erosión o por la disolución de C orgánico que se lixivia a las aguas subterráneas o se pierde por el flujo por tierra. Una gran proporción de las entradas procede de la hojarasca aérea de los suelos forestales por lo que la materia orgánica del suelo tiende a concentrarse en los horizontes superiores del suelo, con aproximadamente la mitad del C orgánico del suelo en la capa superior de 30 cm. A menudo, el C contenido en el perfil superior es el más descomponible químicamente y el de más exposición directa a perturbaciones naturales y antropogénicas. Esta sección se refiere solamente al C del suelo y no a la hojarasca en descomposición (es decir, materia orgánica muerta, véase la Sección 4.2.2).

Las actividades humanas y otras perturbaciones, como los cambios en el tipo de bosque, la productividad, las tasas de descomposición y las perturbaciones, pueden alterar la dinámica del C en los suelos forestales. Las distintas actividades de la gestión forestal, tales como la duración de la rotación; la elección de las especies arbóreas; el drenaje; las prácticas de cosecha (árboles enteros o leños serrados, regeneración, corte parcial o entresacado); las actividades de preparación del terreno (fuegos controlados, escarificación); y la fertilización, tienen incidencia en las existencias de C orgánico del suelo (Harmon y Marks, 2002; Liski *et al.*, 2001; Johnson y Curtis, 2001). Es también de esperar que los cambios en los regímenes de perturbaciones y, en especial, en la ocurrencia de importantes incendios forestales, plagas y otras perturbaciones que impliquen el reemplazo de arboledas alteren los depósitos de C de los suelos forestales (Li y Apps, 2002; de Groot *et al.*, 2002). Además, el drenaje de las arboledas forestales sobre suelos orgánicos reduce las existencias de C del suelo.

Se incluyen información general y directrices sobre cómo estimar cambios en las existencias de C del suelo en el Capítulo 2, Sección 2.3.3 y se las debe leer antes de continuar con las directrices específicas referidas a las existencias de C de los suelos forestales. Los cambios de las existencias de C en el suelo relacionados con los bosques se calculan utilizando la Ecuación 2.24 del Capítulo 2, en la que se combinan los cambios en las existencias de C orgánico del suelo para suelos minerales y orgánicos, con los cambios en las existencias de los depósitos de C inorgánico del suelo (Nivel 3 solamente). En esta sección se explican los procedimientos de estimación y las *buenas prácticas* para estimar los cambios en las existencias de C de los suelos forestales orgánicos (Nota: No incluye la hojarasca forestal, es decir, materia orgánica muerta). Se brinda orientación aparte respecto a dos tipos de suelos forestales: 1) suelos forestales minerales, y 2) suelos forestales orgánicos. Véase la Sección 2.3.3.1 en cuanto a un análisis general sobre el C inorgánico del suelo (no se brinda ninguna información adicional en el análisis que sigue referido a Tierras forestales).

A fin de contabilizar los cambios en las existencias de C del suelo relacionados con *Tierras forestales que permanecen como tales*, los países deben tener, como mínimo, estimaciones de la superficie total de tierras forestales al principio y al final del período de inventario, estratificadas por región climática y por tipo de suelo. Si los datos sobre usos de la tierra y actividades de gestión son limitados, se pueden usar los datos de la actividad del Método 1 (véase el Capítulo 3) como base para un enfoque de Nivel 1, pero es factible que los niveles superiores requieran registros más detallados o el conocimiento por parte de expertos del país respecto a la distribución aproximada de los sistemas de gestión forestal. Las clases de Tierras forestales deben estratificarse de acuerdo con las regiones climáticas y con los principales tipos de suelos, lo que puede lograrse mediante la superposición de mapas climáticos y de suelos apropiados.

4.2.3.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

Los inventarios pueden desarrollarse empleando los métodos de Niveles 1, 2 o 3, y los países pueden elegir entre los diferentes niveles para suelos minerales y orgánicos. En el Capítulo 2, se proporcionan árboles de decisión para suelos minerales (Figura 2.4) y para suelos orgánicos (Figura 2.5) a fin de asistir a los compiladores del inventario en la selección del nivel adecuado para su inventario de C del suelo.

Suelos minerales

A pesar del volumen creciente de bibliografía sobre el efecto de los tipos de bosques, las prácticas de gestión y otras perturbaciones sobre el C orgánico del suelo, las pruebas disponibles continúan siendo, en gran parte, específicas para cada lugar y para cada estudio, aunque, en algún momento, se las puede generalizar sobre la base de la influencia de las condiciones climáticas, las propiedades del suelo, la escala temporal de interés, teniendo en cuenta la intensidad de los muestreos y los efectos a diferentes niveles de profundidad del suelo (Johnson y Curtis, 2001; Hoover, 2003; Page-Dumroese *et al.*, 2003). No obstante, el conocimiento actual sigue siendo no concluyente en cuanto a la magnitud y a la tendencia de los cambios en las existencias de C en los suelos forestales minerales relacionadas con el tipo de bosque, la gestión y otras perturbaciones, por lo que no admite amplias generalizaciones.

Nivel 1

Debido a la incompleta base científica y a la resultante incertidumbre, en el método de Nivel 1, se supone que las existencias de C en los suelos forestales no se modifican por la gestión. Más aun, si se utilizan los datos de la actividad de los Métodos 2 o 3 (véase el Capítulo 3), no es necesario calcular los cambios de las existencias de C para los suelos minerales (es decir que los cambios en las existencias del SOC es 0).

Si se utilizan datos de la actividad recogidos mediante el Método 1 (véase el Capítulo 3) y no resulta posible identificar la cantidad de tierra convertida *de* y *a* tierras forestales, el compilador del inventario debe estimar las existencias de C en el suelo para las tierras forestales empleando las superficies que correspondan al fin del año para el cual se estima el inventario, y las estimaciones de diferencia en más o en menos de suelo forestal. Los cambios en las existencias de C del suelo en tierras forestales se suman a los cambios en las existencias de otros usos de la tierra para estimar la influencia de los cambios en el uso de la tierra. Si el compilador no computa una existencia para tierras forestales, es factible que se produzcan errores sistemáticos en el inventario. Por ejemplo, la tierra convertida de tierras forestales a tierras de cultivo o pastizales tendrá una existencia de C en el suelo estimada para el final del año del inventario, pero no lo tendrá en el primer año del inventario (cuando era forestal). En consecuencia, la conversión a tierras de cultivo o pastizales se estima como ganancia en C del suelo porque se supone que las existencias de C del suelo son equivalentes a 0 en las tierras forestales, pero no en las Tierras de Cultivo ni en los Pastizales. Esto provocaría un sesgo en las estimaciones del inventario. El SOC₀ y el SOC_{0-T} se estiman para los 30 cm superiores del perfil del suelo utilizando la Ecuación 2.25 (Capítulo 2). Nótese que las zonas de afloramientos rocosos de las tierras forestales no se incluyen en el cálculo de las existencias de C del suelo (se supone una existencia 0).

Nivel 2

Empleando la Ecuación 2.25 (Capítulo 2), las existencias de C en el suelo orgánico se calculan sobre la base de existencias de C del suelo de referencia y los factores de cambio de existencias específicos del país para el tipo de bosque (F_I), de gestión (F_{MG}) y régimen de perturbaciones naturales (F_D). Nótese que el factor de cambio de existencias para el régimen natural de perturbaciones naturales (F_D) se sustituye por el factor de uso de la tierra (F_{LU}) en la Ecuación 2.25. Además, se puede incorporar información específica del país para especificar mejor las existencias de C de referencia, las regiones climáticas, los tipos de suelos y/o el sistema de clasificación de la gestión de la tierra.

Nivel 3

Los métodos de Nivel 3 exigen un conocimiento considerable y datos que permitan desarrollar una metodología de estimación local exacta y exhaustiva, incluida la evaluación de resultados del modelo y la puesta en práctica de un esquema de monitorización doméstica y/o una herramienta de modelización. Los elementos básicos de un método específico para un país son (adaptado a partir de Webbnat Land Resource Services Pty Ltd, 1999):

- Estratificación por zonas climáticas, principales tipos de bosques y regímenes de gestión coherentes con los usados para otros depósitos de C en el inventario, especialmente los de biomasa;
- Determinación de los tipos de suelos dominantes en cada estrato;
- Caracterización de los correspondientes depósitos de C del suelo, identificación de los procesos determinantes de los índices de entrada y salida de SOC, y de las condiciones en las que se producen estos procesos, y
- Determinación y aplicación de métodos apropiados para estimar los cambios en las existencias de carbono en suelos forestales para cada estrato, sobre una base operativa, incluidos los procedimientos de evaluación de modelos; es de esperar que las consideraciones metodológicas incluyan la combinación de actividades de monitorización —tales como repetidos inventarios de suelos forestales— y estudios de modelización, así como el establecimiento de sitios con fines comparativos. En la bibliografía científica hay mayor orientación disponible sobre buenas prácticas de monitorización del suelo (Kimble *et al.*, 2003, Lal *et al.*, 2001, McKenzie *et al.*, 2000). Es una *buen práctica* que los modelos desarrollados o adaptados con este propósito sean revisados por pares, validados mediante observaciones representativas de los ecosistemas en estudio e independientes de los datos de calibración.

Suelos orgánicos

Nivel 1

Actualmente, el método de Nivel 1 sólo tiene en cuenta las emisiones de C debidas al drenaje de suelos orgánicos forestales a causa de limitaciones de datos y falta de conocimiento que restringe el desarrollo de una metodología por defecto más refinada. Empleando la Ecuación 2.26 (Capítulo 2), los suelos orgánicos forestales drenados se estratifican por tipo de clima y, a continuación, se multiplican por un factor de emisión específico del clima para derivar una estimación de las emisiones anuales de C. Las áreas convertidas en tierras forestales se pueden incluir en la estimación total de la superficie, al usar la representación de la tierra del Método 1, sin datos complementarios, a fin de identificar los cambios en el uso de la tierra.

Nivel 2

En cuanto al Nivel 2, se utiliza la misma ecuación básica que en el Nivel 1 (Ecuación 2.26), pero se incorpora información específica del país para especificar mejor los factores de emisión, las regiones climáticas, y/o desarrollar un esquema de clasificación forestal, pertinentes para suelos orgánicos.

Nivel 3

La metodología del Nivel 3 implica la estimación de las emisiones de CO₂ relacionadas con la gestión de los suelos orgánicos forestales, incluyendo todas las actividades antropogénicas que puedan alterar el régimen hidrológico, la temperatura de la superficie y la composición de la vegetación de los suelos orgánicos forestales; así como perturbaciones de importancia como los incendios.

4.2.3.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE CAMBIO DE EXISTENCIAS Y DE EMISIÓN

Suelos minerales**Nivel 1**

No es necesario calcular las estimaciones de existencias para *Tierras forestales que permanecen como tales* con los datos de la actividad de los Métodos 2 o 3 (véase el Capítulo 3). Si se usan los datos de la actividad del Método 1, los factores de cambio de existencias, incluidos entradas, gestión y régimen de perturbaciones, son equivalentes a 1 usando el método del Nivel 1. En consecuencia, solo se necesitan las existencias de C de referencia para aplicar el método, y las que se incluyen en el Cuadro 2.3 del Capítulo 2.

Nivel 2

En un método del Nivel 2, los factores de cambio de existencias se derivan sobre la base de un esquema de clasificación específico del país en cuanto a gestión, tipos de bosques y regímenes de perturbaciones naturales. Un método de Nivel 2 debe incluir también la derivación de existencias de C de referencia específicas del país, así como una clasificación más detallada del clima y los suelos que las categorías por defecto provistas con el método de Nivel 1.

Constituye una *buena práctica* centrarse en los factores que tienen el mayor efecto total, teniendo en cuenta el impacto sobre el SOC forestal y el alcance de los bosques afectados. A grandes rasgos, las prácticas de gestión se pueden caracterizar como intensivas (p. ej., plantación forestal) o extensiva (p. ej., bosques naturales); también se pueden redefinir estas categorías según las circunstancias nacionales. Es factible que el desarrollo de los factores de cambio de existencias se base en estudios intensivos realizados en estaciones experimentales y en parcelas de muestreo, incluidas las comparaciones replicadas y en sitios apareados (Johnson *et al.*, 2002; Olsson *et al.*, 1996; véanse también las revisiones de Johnson y Curtis, 2001; y Hoover, 2003). En la práctica, puede resultar imposible separar los efectos de los diferentes tipos de bosques, prácticas de gestión y regímenes de perturbaciones, en cuyo caso algunos factores de cambio de existencias se pueden combinar en un único modificador. Si un país cuenta con datos bien documentados de los distintos tipos de bosques bajo diferentes regímenes de gestión, se podrían llegar a derivar las estimaciones de C orgánico del suelo directamente, sin utilizar existencias de C de referencia ni factores de ajuste. No obstante, se debe establecer una relación con las existencias de C de referencia, de manera que el impacto de los cambios en el uso de la tierra se puedan calcular sin incrementos o reducciones artificiales de las existencias de C debidos a una falta de coherencia de los métodos entre las distintas categorías de uso de la tierra (es decir, tierras forestales, Tierras de Cultivo, Pastizales, Asentamientos y Otras Tierras).

También se pueden mejorar los inventarios derivando existencias de C de referencia específicas del país (SOC_{ref}), compilada a partir de estudios o sondeos publicados. Habitualmente, estos valores se obtienen mediante el desarrollo y/o la compilación de grandes bases de datos con perfiles de suelos (Scott *et al.*, 2002; Siltanen *et al.*, 1997). En la Sección 2.3.3.1 (Capítulo 2) se brinda orientación adicional para derivar factores de cambio de existencias y existencias de C de referencia.

Nivel 3

Es menos factible que los factores constantes de tasa de cambio de existencias *per se* se estimen a cambio de tasas variables que reproduzcan con exactitud los efectos del uso y la gestión de la tierra. Para un análisis más pormenorizado, véase la Sección 2.3.3.1 (Capítulo 2).

Suelos orgánicos**Nivel 1**

En el Cuadro 4.6 de la Sección 4.5, se proporcionan factores de emisión por defecto para la estimación de la pérdida de C relacionada con el drenaje de suelos orgánicos.

Nivel 2

Los métodos del Nivel 2 implican la derivación de factores de emisión de datos específicos del país. Lo principal a dilucidar es si los tipos de bosques o la gestión, además de las regiones climáticas, se van a subdividir en clases más específicas. Estas decisiones dependen de datos experimentales que demuestren que hay diferencias significativas en las tasas de pérdida de C. Por ejemplo, se pueden desarrollar clases de drenaje para distintos sistemas de gestión forestal. Además, las actividades de gestión pueden perturbar la dinámica del carbono en los suelos orgánicos subyacentes. La cosecha, por ejemplo, puede provocar un incremento del nivel freático debido a la reducción de la intercepción, la evaporación y la transpiración (Dubé *et al.*, 1995).

Nivel 3

Es menos factible que los factores constantes de tasa de emisión *per se* se estimen a cambio de tasas variables que reproduzcan con exactitud los efectos del uso y la gestión de la tierra. Para un análisis más pormenorizado, véase la Sección 2.3.3.1 (Capítulo 2).

4.2.3.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Suelos minerales

Nivel 1

Para el método de Nivel 1, se supone que las existencias de C de los suelos forestales no cambian con la gestión y que, por lo tanto, no es necesario clasificar los bosques en diferentes tipos, clases de gestión o regímenes de perturbaciones naturales. Sin embargo, si se emplean los datos de la actividad del Método 1 (véase el Capítulo 3), se van a necesitar datos ambientales para clasificar el país por regiones climáticas y tipos de suelos a fin de aplicarle las existencias de C de referencia adecuadas a las tierras forestales. En el Anexo 3A.5 del Capítulo 3 se incluye una descripción detallada del esquema de clasificación climática por defecto. Si la información necesaria para clasificar los tipos de clima no está disponible en las bases de datos nacionales, hay fuentes internacionales de datos climáticos, como la del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. También se van a necesitar datos para clasificar los suelos en las categorías por defecto presentadas en el Capítulo 3 y, si no se cuenta con datos a nivel nacional para mapear los tipos de suelo, los datos internacionales de suelos constituyen una alternativa razonable, por ejemplo el Mapa Mundial de Suelos de la FAO.

Nivel 2

Los datos de la actividad para el método de Nivel 2 incluyen los principales tipos de bosques, las prácticas de gestión, los regímenes de perturbaciones y las zonas a las que se aplican. Es preferible que los datos se relacionen con el inventario forestal nacional, de existir, y/o con las bases de datos nacionales de suelos y clima. Los cambios típicos incluyen: conversión de bosques no gestionados a gestionados; conversión de bosque nativo a un nuevo tipo de bosque; intensificación de actividades de gestión forestal, como preparación del terreno, plantación de árboles y cambios en los tiempos de rotación; cambios en las prácticas de cosecha (cosecha de troncos vs. árboles enteros, cantidad de residuos que quedan en el terreno); frecuencia de las perturbaciones (brotes de peste o de enfermedades, inundaciones, incendios, etc.). Las fuentes de los datos varían según el sistema de gestión forestal de cada país, pero podrían incluir contratistas individuales o compañías, autoridades forestales establecidas por ley, instituciones de investigación y organismos responsables de los inventarios forestales. Los formatos de la información son extremadamente variados e incluyen, entre otros, informes de actividad, inventarios de gestión forestal e imágenes de detección remota.

Además, el Nivel 2 debe incluir una estratificación más refinada de los datos ambientales que el método del Nivel 1, incluidos regiones climáticas y tipos de suelos, la que es posible que se base en datos nacionales sobre clima y suelos. Si se utiliza un esquema de clasificación más refinado en un inventario de Nivel 2, las existencias de C de referencia también deben derivarse para el conjunto más detallado de regiones climáticas y tipos de suelos, y los datos sobre gestión de la tierra deben estratificarse sobre la base de la clasificación específica del país.

Nivel 3

Para la aplicación de modelos dinámicos y/o de un inventario directo basado en mediciones en el Nivel 3, se requieren datos similares o más detallados de las combinaciones de datos climáticos, de suelos, topográficos y de gestión, en relación con los métodos de los Niveles 1 y 2, aunque los requisitos exactos dependen del diseño del modelo o de la medición.

Suelos orgánicos

Nivel 1

Los bosques no se estratifican en varios sistemas cuando se aplican los métodos del Nivel 1. No obstante, es necesario estratificar las superficies de tierra por región climática y tipo de suelo (véase el Capítulo 3 en cuanto a orientación sobre clasificación de suelos y climas), de manera que los suelos orgánicos puedan identificarse y que pueda aplicarse el factor de emisión por defecto que corresponda.

Nivel 2

Los métodos del Nivel 2 pueden implicar una estratificación más refinada de la gestión, el tipo de bosque o el régimen de perturbaciones, de una manera coherente con los factores de emisión específicos del país para suelos orgánicos. Por ejemplo, los sistemas forestales deben ser estratificados por drenaje si los factores de gestión se derivan por clase de drenaje. Sin embargo, es una *buena práctica* que la clasificación se base en datos empíricos que demuestren diferencias significativas en las tasas de cambio del C para las categorías propuestas. Además, los enfoques de Nivel 2 deben incluir una estratificación más refinada de las regiones climáticas.

Nivel 3

Para la aplicación de modelos dinámicos y/o de un inventario basado en mediciones directas en el Nivel 3, se requieren datos similares o más detallados de las combinaciones de datos climáticos, de suelos, topográficos y de gestión, en comparación con los métodos de los Niveles 1 y 2, aunque los requisitos exactos dependerán del diseño del modelo o de la medición.

4.2.3.4 PASOS DE CÁLCULO PARA EL NIVEL 1

Suelos minerales

Dado que en el Nivel 1 se supone que no hay cambios en las existencias de C del suelo mineral en las *Tierras forestales que permanecen como tales*, la orientación relativa a los pasos de cálculo no es pertinente.

Suelos orgánicos

Paso 1: estimar la superficie de suelos orgánicos drenados bajo bosques gestionados de cada región climática del país para cada año o para el último año de cada período de inventario (p. ej., las emisiones del período de inventario comprendido entre 1990 y 2000 se basarían en el uso de la tierra del año 2000, suponiendo que el uso y la gestión de la tierra sólo se conocen para estos dos años durante el período del inventario).

Paso 2: seleccionar el factor de emisión apropiado (EF) para las pérdidas anuales de CO₂ (del Cuadro 4.6).

Paso 3: estimar las emisiones totales acumulando el producto de la zona (A) multiplicado por el factor de emisión (EF) para todas las zonas climáticas.

4.2.3.5 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Hay tres grandes fuentes de incertidumbre en los inventarios de C del suelo: 1) incertidumbres en los datos de la actividad de uso y gestión de la tierra y del medio ambiente; 2) incertidumbres con referencia a las existencias de C en el suelo si se utilizan los métodos de los Niveles 1 o 2 (suelos minerales solamente); y 3) incertidumbres en los factores de cambios en las existencias y de emisión para los métodos de Niveles 1 o 2, error en la estructura/los parámetros del modelo para los métodos basados en el modelo de Nivel 3, o errores de medición/variabilidad en el muestreo relacionados con los inventarios basados en mediciones de Nivel 3. En general, la precisión de un inventario se incrementa (p. ej., menores intervalos de confianza) con mayor muestreo para estimar los valores para las tres categorías generales. Además, es más factible reducir el sesgo (es decir, mejorar la exactitud) mediante el desarrollo de un inventario de nivel superior que incluya información específica del país.

En cuanto al Nivel 1, las incertidumbres se suministran con las existencias de C de referencia en la primera nota al pie del Cuadro 2.3 (Capítulo 2) y las incertidumbres de los factores de emisión para suelos orgánicos en el Cuadro 4.6, Sección 4.5. Las incertidumbres en los datos sobre uso y gestión de la tierra serán abordadas por el compilador del inventario y, posteriormente, combinadas con las incertidumbres de los factores por defecto y las existencias de C de referencia por defecto (suelos minerales solamente) empleando un método apropiado, como simples ecuaciones de propagación de error. Véase la Sección 4.2.1.5 en cuanto a estimación de incertidumbre para estimaciones de superficie de la tierra. No obstante, constituye una *buena práctica* para el compilador del inventario derivar las incertidumbres de los datos de la actividad específicos del país, en lugar de utilizar un nivel por defecto.

Las existencias de C de referencia para suelos minerales y los factores de emisión para suelos orgánicos por defecto pueden contener altos niveles de incertidumbre inherentes, en particular sesgos, cuando se los aplica a países específicos. Los valores por defecto representan a valores de uso de la tierra e impactos de gestión o existencias de C de referencia promediados a nivel mundial que pueden diferenciarse de los valores específicos de una región (Powers *et al.*, 2004; Ogle *et al.*, 2006). Se puede reducir el sesgo derivando factores específicos del país cuando se emplea el método de Nivel 2 o desarrollando un sistema de estimación específico del país de Nivel 3. La base subyacente de los métodos de nivel superior será la investigación realizada en el país o en las regiones vecinas que establezcan el efecto del uso y la gestión de la tierra sobre el C del suelo. Además, es una *buena práctica* minimizar aun más el sesgo contabilizando las diferencias significativas dentro del país en cuanto a impactos del uso y la gestión de la tierra, como son la variación entre regiones climáticas y/o tipos de

suelos, incluso a expensas de una menor precisión en las estimaciones de factores (Ogle *et al.*, 2006). El sesgo se considera más problemático cuando se declaran cambios en existencias porque no está necesariamente considerado en el rango de incertidumbre (es decir, el verdadero cambio en las existencias puede estar fuera del rango de incertidumbre declarado si hay un sesgo significativo en los factores).

Las incertidumbres en las estadísticas de actividad de uso de la tierra pueden reducirse mediante un mejor sistema nacional como desarrollar o ampliar un sondeo basado en el terreno con un mayor número de puntos de muestreo y/o incorporar la teledetección para lograr una cobertura adicional. Es una *buena práctica* diseñar una clasificación en la que se considere la mayor parte de la actividad en uso y gestión del suelo con un tamaño suficientemente amplio para minimizar la incertidumbre a escala nacional.

En cuanto a los métodos de Nivel 2, se incorpora la información específica del país al análisis del inventario a fin de reducir el sesgo. Por ejemplo, Ogle *et al.* (2003) utilizaron datos específicos del país para elaborar funciones de distribución de probabilidades para factores específicos, datos de la actividad y existencias de C de referencia de los Estados Unidos respecto a suelos agrícolas. Constituye una *buena práctica* evaluar las dependencias entre factores, existencias de C de referencia o datos de la actividad de gestión y uso de la tierra. En particular, son comunes las fuertes dependencias en los datos de la actividad de uso y gestión del suelo porque las prácticas de gestión tienden a correlacionarse en el tiempo y el espacio. La combinación de incertidumbres en factores de cambios de existencias/emisiones, existencias de C de referencia y datos de la actividad puede realizarse aplicando métodos tales como el de simples ecuaciones de propagación de errores o procedimientos de Monte-Carlo.

Los modelos de Nivel 3 son más complejos y las simples ecuaciones de propagación de errores pueden no resultar eficaces para cuantificar la incertidumbre asociada de las estimaciones resultantes. Es posible realizar análisis de Monte Carlo (Smith y Heath, 2001), pero puede resultar dificultosa su realización si el modelo tiene muchos parámetros (algunos modelos pueden tener varios cientos de parámetros) porque se deben elaborar funciones conjuntas de distribución de probabilidades con las que se cuantifique la variancia, así como la covariancia, entre los parámetros. También se dispone de otros métodos, tales como los métodos de base empírica (Monte *et al.*, 1996), en los que se emplean mediciones de una red de monitorización para evaluar estadísticamente la relación entre los resultados medidos y los modelados (Falloon y Smith, 2003). En contraste con la modelización, las incertidumbres de los inventarios en base a mediciones de Nivel 3 pueden determinarse a partir de la variancia de las muestras, de errores en la medición y otras fuentes pertinentes de incertidumbre.

4.2.4 Emisiones de gases de efecto invernadero no CO₂ a partir del quemado de biomasa

Tanto los incendios no controlados (naturales) como los gestionados (recomendados) pueden tener un impacto importante sobre las emisiones de gases de efecto invernadero no CO₂ de los bosques. En las *Tierras forestales que permanecen como tales*, se deben contabilizar también las emisiones de CO₂ por el quemado de biomasa ya que, por lo general, no están sincronizadas con las tasas de absorción de CO₂. Esto adquiere especial importancia después de un incendio natural que implique el reemplazo de arboledas y durante los ciclos de rotación de cultivos en las regiones tropicales. Según el tipo de cambios que se produzca en los bosques (p. ej., conversión de bosques naturales en bosques de plantación), puede haber emisiones netas de CO₂ a partir del quemado de biomasa durante los años iniciales, en particular si se queman cantidades significativas de biomasa leñosa durante la conversión. Sin embargo, a través del tiempo, los impactos no son tan importantes como los resultantes de *Tierras forestales convertidas en tierras de cultivo o en pastizales*. Las emisiones por incendios durante la conversión del uso de la tierra se declaran en la nueva categoría de uso de la tierra, a menos que se esté utilizando una representación de la superficie de la tierra del Método 1 sin datos complementarios que permitan que las conversiones en el uso de la tierra se identifiquen explícitamente, en cuyo caso las emisiones por incendios de tierras forestales deben incluirse en su totalidad en la categoría de *Tierras forestales que permanecen como tales*.

El método general para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero en *Tierras forestales que permanecen como tales* y en *Tierras convertidas en tierras forestales* se describe en la Ecuación 2.27 del Capítulo 2. Los cuadros por defecto para el método de Nivel 1 o para componentes de un método de Nivel 2 se suministran en la Sección 2.4 del Capítulo 2.

4.2.4.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

Constituye una *buena práctica* que los países elijan el Nivel apropiado para declarar las emisiones de gases de efecto invernadero provocadas por incendios, sobre la base del árbol de decisiones de la Figura 2.6 del Capítulo 2. Donde los incendios constituyan una categoría principal, se deberá poner énfasis en el uso de un método de

Nivel 2 o 3. En cuanto a los incendios controlados, es necesario contar con datos específicos del país para generar estimaciones fiables de las emisiones, puesto que, en general, los datos de la actividad están mal reflejados en los conjuntos de datos de nivel mundial. En las tierras forestales, para la estimación del flujo neto de carbono, se deben tener en cuenta tanto las emisiones de CO₂ debido al quemado de biomasa como las absorciones de CO₂ resultantes de la regeneración de la vegetación.

4.2.4.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

La masa de combustible disponible para la combustión (M_B en la Ecuación 2.27) es crítica en la estimación de las emisiones de no-CO₂. Los datos por defecto que sustentan la estimación de las emisiones bajo el método de Nivel 1 se presentan en los Cuadros 2.4 a 2.6 del Capítulo 2. Los países deben evaluar la forma en la que sus tipos de vegetación se corresponden con las amplias categorías de vegetación descritas en los cuadros por defecto. En el Capítulo 3 (*Representación coherente de las tierras*) se brinda orientación para esto. Es factible que los países que utilicen el Nivel 2 tengan datos desagregados a nivel nacional sobre M_B , según los tipos de bosques y los sistemas de gestión. La estimación de Nivel 3 requiere estimaciones espaciales de M_B según los diferentes tipos de bosques, regiones y sistemas de gestión. Con los métodos de estimación de Nivel 3, también se pueden distinguir los incendios de distintas intensidades que traen como resultado distintos consumos de combustible.

4.2.4.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Es necesario contar con estimaciones de la superficie quemada en las *Tierras forestales que permanecen como tales*. Existe una base de datos mundial que cubre la superficie quemada anualmente por incendios, pero esto no proporciona datos confiables respecto a la superficie quemada anualmente por incendios controlados en cada uno de los países. Es una *buena práctica* elaborar estimaciones nacionales de la superficie quemada, con indicación de la naturaleza de los incendios y, especialmente, de cómo afectan la dinámica del carbono en los bosques (p. ej., efectos sobre la mortalidad de los árboles) para mejorar la fiabilidad de los inventarios nacionales. Es factible que los países que utilicen el Nivel 2 tengan acceso a estimaciones nacionales. La estimación de Nivel 3 requiere estimaciones regionales y específicas de tipo de bosques de la superficie afectada por el fuego y de la intensidad de los incendios.

Resumen de pasos para calcular las emisiones de gases de efecto invernadero a partir del quemado de biomasa usando la Ecuación 2.27 del Capítulo 2:

Paso 1: empleando la orientación dada en el Capítulo 3 (métodos para representar las superficies de uso de la tierra), categorizar el área de *Tierras forestales que permanecen como tales* por tipos de bosques de diferentes zonas climáticas o ecológicas, según las haya adoptado cada país para la Ecuación 2.27. Obtener estimaciones de A (la superficie quemada) de bases de datos mundiales o de fuentes nacionales.

Paso 2: estimar la masa de combustible (M_B) disponible para la combustión, en toneladas/ha, la que incluye biomasa, hojarasca y madera muerta.

Paso 3: seleccionar el factor de combustión C_f (valores por defecto del Cuadro 2.6 del Capítulo 2).

Paso 4: multiplicar M_B por C_f para suministrar una estimación de la cantidad de combustible quemada.. Si se desconocen los valores de M_B o C_f , los valores por defecto del producto de M_B por C_f se ofrecen en el Cuadro 2.4.

Paso 5: seleccionar los factores de emisión C_f (valores por defecto del Cuadro 2.5 del Capítulo 2).

Paso 6: multiplicar los parámetros A , M_B , C_f , (o M_B por C_f , Cuadro 2.4) y G_{ef} para obtener la cantidad de emisión de gases de efecto invernadero producida por el quemado de biomasa.. Repetir los pasos para cada uno de los gases de efecto invernadero.

4.2.4.4 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Se deben realizar las estimaciones de incertidumbre específicas del país para las *Tierras forestales que permanecen como tales*. Éstas son el resultado del producto de las incertidumbres relacionadas con los datos de la actividad (superficie quemada) por los factores de emisión. Constituye una *buena práctica* suministrar estimaciones de errores (p. ej., rangos, errores estándar) y no usar datos específicos del país (por ejemplo, si es de naturaleza limitada) o enfoques, a menos que esto conduzca a una reducción de las incertidumbres en comparación con un método del Nivel 1.

4.3 TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS FORESTALES

En esta sección se ofrece orientación metodológica respecto a la estimación anual de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero que se producen en tierras convertidas en tierras forestales correspondientes a otros usos de la tierra, incluidos Tierras de Cultivo, Pastizales, Humedales, Asentamientos y Otras Tierras, mediante repoblación forestal y reforestación, ya sea mediante regeneración natural o artificial (incluso plantaciones). Las emisiones y absorciones en tierras abandonadas, que se regeneran en bosques debido a la actividad humana, también deben estimarse bajo esta sección. Sustituye al método descrito bajo las categorías 5A, 5C y 5D de las *Directrices del IPCC*. La tierras se convierten en tierras forestales mediante la repoblación forestal y la reforestación, ya sea por regeneración natural o artificial (incluso las plantaciones). La conversión antropogénica incluye la promoción de la regeneración natural (p. ej., mejorando el balance hídrico del suelo por drenaje), la creación de plantaciones en tierras no-forestales o en tierras forestales no gestionadas anteriormente, tierras de asentamientos y emplazamientos industriales, abandono de tierras de cultivo, praderas u otras tierras gestionadas, que se regeneran en bosques. Los bosques no gestionados no se consideran como fuentes o sumideros de gases de efecto invernadero antropogénicos y se los excluye de los cálculos de inventario. Cuando estos bosques no gestionados se ven afectados por actividades humanas como la plantación, el entresacado, la promoción de la regeneración natural u otras, cambian de categoría y se convierten en bosques gestionados, que se declaran bajo la categoría *Tierras convertidas en tierras forestales*, cuyas emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero deben incluirse en el inventario y estimarse utilizando la orientación que se indica en esta sección. La conversión de las tierras puede traer como resultado una pérdida inicial de carbono debido a los cambios producidos en la biomasa, la materia orgánica muerta y el carbono del suelo. En cambio, la regeneración natural o las prácticas de plantación acarrearán una acumulación de carbono y esto tiene relación con los cambios producidos en la superficie de las plantaciones y en sus existencias de biomasa.

Las tierras convertidas se consideran tierras forestales si, después de la conversión, se corresponden con la definición de bosque adoptada por el país. En esta sección, referida al inventario nacional de gases de efecto invernadero, se trata de las *Tierras convertidas en tierras forestales* hasta el momento en el que el carbono del suelo de los nuevos bosques alcanza un nivel estable. Se sugiere un período por defecto de 20 años³. Los ecosistemas forestales pueden requerir un cierto tiempo para volver al nivel de biomasa, suelo estable y depósitos de hojarasca de su estado sin perturbaciones. Teniendo presente lo antedicho y a todos los efectos prácticos, se sugiere el intervalo por defecto de 20 años. Los países tienen también la opción de prolongar la duración del período de transición. Una vez transcurridos los 20 años o el intervalo elegido, las tierras convertidas se convierten en bosques, es decir, las superficies de tierra se transfieren de la categoría *Tierras convertidas a tierras forestales* a *Tierras forestales que permanecen como tales* (Sección 4.2), en las que, de ser necesario, las superficies que recién se están estableciendo se pueden tratar como estrato aparte. La tala seguida de regeneración se debe considerar bajo la categoría de *Tierras forestales que permanecen como tierras forestales*, dado que no implica un cambio en el uso de la tierra.

Algunas tierras abandonadas pueden ser demasiado poco fértiles, salinas o erosionadas como para que se produzca una regeneración forestal. En este caso, la tierra permanece en su estado actual o, en el futuro, puede degradarse y perder materia orgánica. Pueden omitirse las tierras que permanezcan constantes en cuanto a flujo de carbono. Sin embargo, en algunos países, la degradación de las tierras abandonadas puede constituir un problema significativo y podría ser una fuente importante de CO₂. Donde las tierras continúan degradándose, tanto la biomasa de la superficie como el carbono del suelo pueden reducirse rápidamente, p. ej., debido a la erosión. El carbono del suelo erosionado podría volver a depositarse en ríos, lagos o en otras tierras corriente abajo. En los países en los que hay superficies significativas de estas tierras, este aspecto debe considerarse en un cálculo más refinado.

Clasificación de las tierras: las *Tierras convertidas en tierras forestales* pueden clasificarse sobre la base del dominio climático y de las zonas ecológicas, así como de las clases de cobertura de las copas forestales. Las existencias de carbono varían con el clima, la bioma o el tipo de bosque, la mezcla de especies, las prácticas de gestión, etc. Constituye una *buena práctica* estratificar las tierras en subcategorías homogéneas (véase el Capítulo 3) para reducir la incertidumbre en las estimaciones de las emisiones de gases de efecto invernadero.

³ Está claro que a la mayoría de los ecosistemas forestales les va a llevar más de 100 años volver al nivel de biomasa, de suelo y de depósitos de hojarasca en un estado sin perturbaciones; no obstante, las actividades inducidas por el hombre pueden mejorar el índice de retorno al estado estable de las existencias de carbono. Teniendo presente lo antedicho y a todos los efectos prácticos, se sugiere el intervalo por defecto de 20 años para captar el establecimiento de los ecosistemas forestales. Los países tienen también la opción de prolongar la duración del período de transición, aunque se va a requerir un período de transición coherente para que la representación de la superficie de tierra en el sistema de matriz de uso de la tierra funcione correctamente.

La estimación de las emisiones y absorciones de carbono producidas por la conversión en el uso de la tierra a tierras forestales se divide en tres subsecciones: Cambios en las existencias de carbono en la biomasa (Sección 4.3.1), Cambios en las existencias de carbono en la materia orgánica muerta (Sección 4.3.2) y Cambios en las existencias de carbono en el suelo (Sección 4.3.3). Los cambios anuales en las existencias de carbono de las *Tierras convertidas en tierras forestales* se calculan empleando las Ecuaciones 2.2 y 2.3 del Capítulo 2, sobre la base de los cambios anuales de las existencias de carbono en la biomasa, en la materia orgánica muerta (incluidas la madera muerta y la hojarasca) y en el suelo. Los cambios en las existencias de carbono en *Tierras convertidas en tierras forestales* se estiman considerando:

- los cambios anuales de las existencias de carbono en la biomasa aérea y subterránea
- los cambios anuales de las existencias de carbono en la materia orgánica muerta, la que incluye madera muerta y hojarasca
- los cambios de las existencias de carbono en el suelo

El método para calcular las emisiones de no-CO₂ se describe en la Sección 4.3.4 sobre la base de métodos proporcionados en el Capítulo 2.

La aplicación de estos métodos sólo será posible si se aplica la representación de la superficie de tierra de los Métodos 2 o 3, según lo establecido en el Capítulo 3, o los datos del Método 1 con información complementaria a fin de permitir que se identifiquen las conversiones en el uso de la tierra. Las medidas a tomar en este caso ya se han identificado en la Sección 4.2 precedente (*Tierras forestales que permanecen como tales*).

4.3.1 Biomasa

En esta sección se ofrece orientación metodológica para el cálculo de las emisiones y absorciones de CO₂ producidas por los cambios en la biomasa de *Tierras convertidas en tierras forestales*. Sustituye a la metodología provista para declarar las categorías «Cambios en las existencias de biomasa forestal y de otras biomasa leñosas» y «Abandono de Tierras Gestionadas» de las *Directrices del IPCC* según se las aplica a bosques recientemente creados.

4.3.1.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

En esta sección se ofrece orientación metodológica para el cálculo de las emisiones y absorciones de CO₂ producidas por los cambios en la biomasa de *Tierras convertidas en tierras forestales*. Sobre la base del análisis de las categorías principales, de los datos de la actividad y de los recursos disponibles, se sugieren tres métodos de distinto nivel para estimar los cambios en las existencias de biomasa. El árbol de decisiones de la Figura 1.3 del Capítulo 1 muestra un método que constituye una *buena práctica* para seleccionar el método para calcular las emisiones y absorciones de CO₂ en la biomasa de *Tierras convertidas en tierras forestales*.

Nivel 1

Los cambios anuales de las existencias de carbono en la biomasa se estiman empleando la Ecuación 2.7 del Capítulo 2. El Nivel 1 sigue el método por defecto. Implica el uso de los parámetros por defecto provistos en la Sección 4.5. Este enfoque se puede aplicar también si no se dispone de datos sobre los usos anteriores de la tierra, lo que puede ser el caso cuando se estiman superficies utilizando el Método 1 del Capítulo 3. Implica el uso de los parámetros por defecto proporcionados en los Cuadros 4.1 a 4.14.

Incremento anual de las existencias de carbono en la biomasa, ΔC_G Deberán realizarse los cálculos de ΔC_G según la Ecuación 2.9 del Capítulo 2. Dado que el índice de crecimiento de los árboles depende mucho del régimen de gestión, se debe distinguir entre los bosques bajo gestión intensiva (p. ej., plantación forestal) y bajo gestión extensiva (arboledas que se regeneran naturalmente con una reducida o mínima intervención humana). Los bosques gestionados intensiva y extensivamente pueden estratificarse aun más según el clima, las especies, las prácticas de gestión, etc. Por ende, el incremento anual de las existencias de carbono puede estimarse por separado para bosques gestionados intensiva y extensivamente, empleando la Ecuación 2.9 dos veces. En primer lugar, para bosques bajo gestión intensiva, utilizando la superficie que corresponda (A_I) y el respectivo crecimiento medio anual de biomasa (G_{Total}) para bosques bajo gestión intensiva y, en segundo lugar, para bosques bajo gestión extensiva, empleando la superficie que corresponda y los datos del crecimiento medio anual de biomasa (G_{Total}) para bosques bajo gestión extensiva. G_{Total} se calcula aplicando la Ecuación 2.10 del Capítulo 2 y los cuadros con datos por defecto de la Sección 4.5. Tanto los bosques bajo gestión intensiva como aquellos bajo gestión extensiva se pueden estratificar aun más sobre la base del clima, de las especies, de las prácticas de gestión forestal, etc. Los datos por defecto para bosques bajo gestión extensiva e intensiva de los cuadros se deben seleccionar teniendo presente la composición en cuanto a especies de árboles y la región

climática. Los datos por defecto para bosques bajo gestión extensiva e intensiva deben tomarse de la Sección 4.5, según corresponda.

Reducción anual de las existencias de carbono en la biomasa debida a pérdidas, ΔC_L . La pérdida de biomasa por la recogida de madera ($L_{\text{remoción-bosques}}$), a la recogida de madera combustible ($L_{\text{madera-combustible}}$) y a perturbaciones ($L_{\text{perturbación}}$) atribuida a las *Tierras convertidas en tierras forestales* se estima empleando la Ecuación 2.11 del Capítulo 2.

La pérdida de biomasa debida a la recogida de madera ($L_{\text{remoción-bosques}}$) se estima empleando la Ecuación 2.12 del Capítulo 2, y los valores por defecto de densidad básica de la madera, así como los datos sobre tala de rollizos de madera, factor de expansión de la conversión de biomasa, relación entre biomasa aérea y biomasa subterránea (R) y fracción de carbono de la materia seca (CF), que pueden verse en los cuadros de la Sección 4.5. La pérdida de biomasa debida a la recogida de madera combustible ($L_{\text{madera-combustible}}$) se estima empleando la Ecuación 2.13, los datos de recogida de madera combustible y el $BCEF_R$ que corresponda para las existencias en crecimiento, R y CF de los cuadros por defecto de la Sección 4.5. La ($L_{\text{perturbación}}$) puede estimarse utilizando la Ecuación 2.14 del Capítulo 2, la superficie de perturbación, la biomasa promedio de existencias en crecimiento de tierras afectadas por perturbaciones y los valores respectivos de R y CF a partir de los cuadros por defecto de la Sección 4.5. ΔC_L se debe suponer como 0, si no se cuenta con datos sobre pérdidas (para la Ecuación 2.11). Para evitar el cómputo doble o las omisiones, se deberá mantener una declaración coherente de la pérdida de biomasa en las Secciones 4.2.1 y 4.3.1.

Nivel 2

El método de Nivel 2 es similar al del Nivel 1, pero se utilizan datos derivados a nivel nacional y datos de la actividad más desagregados, lo que permite estimaciones más precisas de los cambios producidos en las existencias de carbono de la biomasa. Las recogidas anuales netas de CO_2 se calculan como la suma del incremento de biomasa debido al crecimiento de ésta en tierras convertidas, a cambios debidos a la conversión real (diferencia entre las existencias de biomasa antes y después de la conversión) y pérdidas en tierras convertidas (Ecuaciones 15 y 16, Capítulo 2).

Además de los valores por defecto, la aplicación del Nivel 2 (Ecuación 2.15) requiere datos a nivel nacional sobre: i) superficie convertida anualmente a forestal; ii) crecimiento promedio anual de las existencias de carbono en biomasa por hectárea en tierras convertidas obtenido, por ejemplo, de inventarios forestales (no se pueden suministrar datos por defecto); iii) cambios en el carbono de la biomasa cuando se convierten tierras no-forestales en tierras forestales; y iv) emisiones debidas a pérdidas de biomasa en tierras convertidas. El método puede requerir información sobre usos anteriores de la tierra, así como conocimiento de la matriz de cambios en el uso de la tierra (véase el Cuadro 3.4 del Capítulo 3) y de las existencias de carbono en esas tierras.

ΔC_G se debe estimar empleando la Ecuación 2.9, donde la superficie (A) de *Tierras convertidas a tierras forestales* se debe considerar por separado, junto con los incrementos medios anuales respectivos para bosques bajo gestión intensiva y extensiva (posteriormente categorizados sobre la base de especies, clima, etc.) y acumulados. El incremento anual promedio de la biomasa en bosques gestionados se calcula según el método de Nivel 2 como se señala en la Sección 4.2.1, *Tierras forestales que permanecen como tales*, y en la Ecuación 2.10 del Capítulo 2, sobre la base de información específica del país sobre el crecimiento anual promedio de la biomasa en volumen venal por hectárea en tierras convertidas en forestales (obtenida, por ejemplo, de inventarios forestales) y sobre densidad básica de la madera, factores de conversión y expansión de la biomasa, y relación entre biomasa subterránea y biomasa aérea.

$\Delta C_{\text{CONVERSIÓN}}$ contabiliza los cambios iniciales en las existencias de biomasa resultantes de la conversión en el uso de la tierra; p. ej., parte de la biomasa se puede retirar mediante desbroce de tierras, repoblación u otras actividades inducidas por el hombre aplicadas a la tierra con anterioridad a la regeneración artificial o natural. Estos cambios en las existencias de carbono en la biomasa se calculan aplicando la Ecuación 2.16 del Capítulo 2. Para esto se requieren estimaciones de las existencias de biomasa en tierras del tipo *i* antes (B_{ANTES_i}) y después ($B_{\text{DESPUÉS}_i}$) de su conversión a toneladas d.m. $há^{-1}$, superficie de uso de la tierra *i* convertida a tierras forestales ($\Delta A_{\text{A-BOSQUES}_i}$) en un año dado, y la fracción de carbono de la materia seca (CF).

El cálculo de $\Delta C_{\text{CONVERSIÓN}}$ se puede aplicar separadamente para contabilizar las existencias de carbono en tipos específicos de tierras (ecosistemas, tipos de lugares, etc.) antes de la transición. La $\Delta A_{\text{A-BOSQUES}_i}$ se refiere al año de inventario en particular para el que se realiza el cálculo.

ΔC_L se estima empleando la Ecuación 2.11 del Capítulo 2. La pérdida de biomasa debido a retirada de madera ($L_{\text{remoción-bosques}}$), a retirada de madera combustible ($L_{\text{madera-combustible}}$), y a perturbaciones ($L_{\text{perturbación}}$) deberá estimarse mediante el uso de las Ecuaciones 2.12 a 2.14 del Capítulo 2. Se alienta a los compiladores de inventario a que desarrollen valores específicos de densidad de la madera y BEF o BCEF para incremento de existencias en crecimiento y cosechas para aplicarlos en la Ecuación 2.12 (para el cálculo de Nivel 2). En el Capítulo 2 se describe el método para el cálculo de las pérdidas de biomasa producidas por la recogida de

madera combustible ($L_{\text{madera-combustible}}$) y por perturbaciones ($L_{\text{perturbación}}$). ΔC_L deberá suponerse como 0, si no se cuenta con datos sobre pérdidas. Constituye una *buena práctica* asegurar la coherencia de los informes sobre pérdidas de biomasa entre las Secciones 4.2.2 y 4.2.3 a fin de evitar sobreestimaciones y subestimaciones debidas a cómputo doble o a omisiones.

Nivel 3

El Nivel 3 deberá utilizarse cuando la conversión de tierras a tierras forestales constituya una categoría principal y produzca cambios significativos en las existencias de carbono. Se pueden seguir las mismas ecuaciones y los mismos pasos que en el Nivel 2 o usar métodos y modelos más complejos pero, en ambos casos, se puede hacer uso de métodos nacionales sustanciales y datos específicos del país. Las Ecuaciones 2.15 y 2.16 se pueden explicar sobre la base de una escala geográfica más refinada y de la subdivisión por tipo de bosque, especies y tipo de tierras antes de la conversión. Las metodologías definidas del país se pueden basar en inventarios forestales regulares o en datos georeferenciados y (o) modelos para contabilizar cambios en la biomasa. Los datos nacionales de la actividad pueden tener una alta resolución y estar disponibles para todas las categorías de tierras convertidas y tipos de bosques establecidos en ellos. Es una *buena práctica* describir y documentar la metodología según lo indicado en el Volumen 1, Capítulo 8 (Orientación y cuadros para generación de informes).

Transferencia de biomasa a materia orgánica muerta

Durante el proceso de conversión de la tierra a tierras forestales, así como durante el proceso de extracción de biomasa durante la tala, el componente no comercial de la biomasa se abandona en el suelo forestal o se transfiere a materia orgánica muerta. Véase la Sección 4.3.2 por una descripción del método y a las hipótesis respecto al destino de la materia orgánica muerta.

4.3.1.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Incremento anual de las existencias de carbono en la biomasa, ΔC_G

Los cálculos se distinguen entre dos prácticas de gestión generales: intensiva (p. ej., plantación forestal con preparación del terreno, plantación de especies seleccionadas y fertilización) y extensiva (regeneración natural con un mínimo de intervención humana). Estas categorías también se pueden refinar según las circunstancias nacionales; por ejemplo, sobre la base del origen de las arboledas (p. ej., regeneración natural o artificial, repoblación, promoción de la regeneración natural, etc.), del clima, de la especie, de la práctica de gestión, etc.

Nivel 1

Los métodos para el cálculo de la biomasa total requieren depósitos de biomasa aéreos y subterráneos (en cuanto a descripciones de los depósitos, véase el Capítulo 1). Los cuadros de la Sección 4.5 representan los valores por defecto del crecimiento anual promedio en biomasa aérea de bosques gestionados intensiva (plantaciones) y extensivamente (regenerados naturalmente), conversión de biomasa y factores de expansión, relación biomasa aérea vs. biomasa subterránea, y fracción de carbono de la materia seca (CF). Se debe usar la relación biomasa subterránea/biomasa aérea para contabilizar la biomasa subterránea en las estimaciones del total de biomasa. La densidad básica de la madera y los factores de expansión de la biomasa permiten el cálculo de ΔC_G , según lo descrito en la Sección 4.2.1 *Tierras forestales que permanecen como tales*. Es una *buena práctica* explorar todos los valores por defecto regionales o de otro carácter que correspondan al país.

Nivel 2

Constituye una *buena práctica* determinar, siempre que resulte posible, los valores de incremento anual, la relación biomasa subterránea vs. biomasa aérea, la densidad básica de la madera, y los factores de conversión y de expansión de la biomasa que resulten apropiados para las condiciones nacionales y utilizarlos en los cálculos de Nivel 2. Además, estas categorías se pueden refinar según las circunstancias del país, por ejemplo, sobre la base del origen de las arboledas (naturales o de regeneración artificial, repoblación, promoción de la regeneración natural, etc.), del clima, de la composición en especies, y del régimen de gestión. Ulteriores estratificaciones se pueden referir a la composición en especies arbóreas, al régimen de gestión, a la edad de las arboledas, a la región climática y al tipo de suelo, etc. Se alienta a los países a que obtengan los incrementos específicos de la biomasa y los factores de expansión mediante esfuerzos de investigación. Se suministra orientación adicional en la Sección 4.2.1.

Nivel 3

El incremento de las existencias de carbono en la biomasa se pueden estimar sobre la base de datos específicos del país sobre el crecimiento anual de la biomasa y la fracción de carbono en la biomasa originados en inventarios forestales, parcelas de muestreo, investigación y (o) modelos. Los compiladores del inventario deben garantizar que los modelos y los datos de los inventarios forestales se hayan documentado correctamente y estén descritos siguiendo los requisitos destacados en el Volumen 1, Capítulo 8.

Cambio en las existencias de biomasa de la tierra antes y después de la conversión, **$\Delta C_{\text{CONVERSIÓN}}$**

Los cálculos de las existencias de biomasa antes y después de la conversión deben realizarse empleando valores coherentes con otros usos de la tierra. Por ejemplo, se deberán utilizar valores comparables de existencias de carbono para estimar las existencias iniciales de carbono de los Pastizales convertidos en Tierras forestales y los cambios en la biomasa en los *Pastizales que permanecen como tales*.

Nivel 1

No se requiere la estimación de la $\Delta C_{\text{CONVERSIÓN}}$ para los cálculos de Nivel 1.

Nivel 2

Constituye una *buena práctica*, siempre que resulte posible, conseguir y utilizar datos específicos del país sobre las existencias en la biomasa de la tierra antes y después de la conversión. Las estimaciones deben ser coherentes con las que se emplearon en los cálculos de los cambios en las existencias de carbono en tierras de cultivo, pastizales, humedales, asentamientos y otras tierras, y se las debe obtener de organismos o sondeos nacionales. El Nivel 2 puede implicar el uso de una combinación de datos específicos del país con datos por defecto. Por valores por defecto de existencias de biomasa en la tierra antes de la conversión, véanse otras secciones de este Volumen.

Nivel 3

Las estimaciones y los cálculos deben realizarse sobre la base de inventarios forestales y/o de datos de modelos. Los inventarios, modelos y datos forestales deben documentarse siguiendo los procedimientos descritos en el Volumen 1, Capítulo 8.

Cambios en las existencias de carbono en la biomasa debidos a pérdidas, ΔC_L

La retirada de madera y de madera combustible, así como las perturbaciones naturales —como los derribos por el viento, los incendios y los ataques de insectos— producen pérdidas de carbono en las *Tierras convertidas en tierras forestales* que deben declararse según el método de *buena práctica* descrito en la Sección 4.2.1. Este método es totalmente aplicable y deberá utilizarse para los cálculos que corresponda según la Sección 4.2.2. Si los cambios en las existencias de carbono se derivan de inventarios forestales de rutina, las pérdidas por retirada de madera y perturbaciones quedarán cubiertas sin necesidad de declararlas por separado. Constituye una *buena práctica* asegurar la coherencia de la declaración de pérdidas de biomasa entre las Secciones 4.2.1 y 4.2.2 a fin de evitar el cómputo doble o las omisiones.

Los datos sobre corte de rollizos de madera deben obtenerse de fuentes nacionales o de la FAO. Es de hacer notar que los datos de la FAO sobre corte están referidos a rollizos de madera venables sobre corteza. La fracción de corteza en la madera recolectada (BF) debe aplicarse para contabilizar la corteza en retiradas de madera por cosecha. Si el corte es significativo en el país, se alienta a los compiladores del inventario a utilizar datos de la cosecha nacional o a derivar valores de BF específicos del país.

En la mayoría de los países, es factible que la información sobre la superficie perturbada no esté disponible para las dos subcategorías, *Tierras forestales que permanecen como tales* y *Tierras convertidas en tierras forestales*. Dado que, en la mayoría de los casos, la superficie de estas últimas es menor que la de las primeras, todas las perturbaciones se pueden aplicar a *Tierras forestales que permanecen como tales*, o la superficie perturbada se puede prorratear entre ambas subcategorías.

Normalmente, los datos sobre consumo de madera combustible no se declaran por separado para *Tierras forestales que permanecen como tales* y *Tierras convertidas en tierras forestales*. Por ende, es factible que los datos por defecto sobre madera combustible se declaren bajo *Tierras forestales que permanecen como tales*. Se debe hacer una verificación cruzada de la declaración sobre madera combustible entre las dos subcategorías de tierras a fin de evitar el cómputo doble, verificando lo declarado sobre madera combustible en las *Tierras forestales que permanecen como tales*.

4.3.1.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD***Superficie de tierra convertida en forestal, $\Delta A_{\text{A\_BOSQUES}}$***

Todos los niveles requieren información sobre áreas convertidas en Tierras forestales durante los 20 años anteriores al año del inventario. Una vez transcurridos 20 años u otro intervalo elegido, las tierras convertidas a tierras forestales, según lo definido en el país, deben transferirse a *Tierras forestales que permanecen como tales*, y contabilizarse según lo indicado en la Sección 4.2. Se deberán usar los mismos datos de superficies para las Secciones 4.3.2 (Cambios en las existencias de carbono en materia orgánica Muerta), 4.3.3 (Cambios en las existencias de carbono en el suelo) y 4.3.4 (Emisiones de gases no- CO_2 de efecto invernadero). Si es posible, estas superficies deberán desagregarse aun más a fin de considerar los principales tipos de suelos y densidades de biomasa de las tierras antes y después de la conversión. En el Recuadro 4.3 se dan ejemplos de un método que constituye una *buena práctica* para la identificación de tierras convertidas en tierras forestales. Según la

disponibilidad de datos nacionales, los compiladores del inventario pueden también elegir un método de *buena práctica* sobre la base de los métodos suministrados en el Capítulo 3.

Se deben usar diferentes tasas de crecimiento de la biomasa para los cálculos de las existencias de biomasa en bosques con regeneración natural en tierras abandonadas y para plantaciones forestales. Para realizar los cálculos según los Niveles 2 y 3, se alienta a los compiladores a que obtengan información sobre los tipos de uso anteriores de las tierras convertidas en tierras forestales.

Nivel 1

Se pueden obtener datos de la actividad a través de estadísticas nacionales, de organismos forestales (información sobre zonas de diferentes prácticas de gestión), organismos de conservación (zonas de regeneración natural), municipalidades y organismos de sondeo y mapeo. Se pueden utilizar dictámenes de expertos para determinar si los nuevos bosques se gestionan predominantemente en forma intensiva o extensiva, si no se dispusiera de datos registrados. Si se comienza a disponer de datos sobre zonas gestionadas de manera intensiva y extensiva, se los deberá utilizar para dividir aun más las zonas y obtener estimaciones más exactas. Se deben aplicar verificaciones cruzadas para asegurar una representación completa y coherente de los datos, a fin de evitar omisiones o cálculos dobles. Si no se dispone de datos del país, se puede obtener información agregada de fuentes de datos internacionales (FAO, 2001; TBFRA, 2000).

Nivel 2

Se debe contar con información sobre las zonas bajo diferentes usos de la tierra sujetas a conversión durante un año o un lapso de años dado. Pueden proceder de fuentes de datos nacionales y de una matriz de cambios en el uso de la tierra o su equivalente que cubra todas las transiciones posibles a tierras forestales. Los conjuntos de datos nacionales definidos por el país deberán tener una suficiente resolución como para asegurar una correcta representación de las superficies de tierra según lo previsto en el Capítulo 3 de este Volumen. Es importante estimar la superficie convertida a forestal mediante regeneración natural y plantación.

Nivel 3

Se deberá disponer de datos de la actividad nacionales referidos a conversión de tierras a tierras forestales mediante regeneración natural y artificial de diferentes fuentes y, particularmente, de inventarios forestales nacionales, registros de uso de la tierra y de cambios en el uso de la tierra y teledetección, según lo descrito en el Capítulo 3 de este Volumen. Estos datos deberían proporcionar estimaciones completas de todas las transiciones en el uso de la tierra a tierras forestales y, posteriormente, pueden desagregarse por clima, suelos y tipos de vegetación. Habitualmente, se dispone de datos sobre superficies bajo plantación por especies y por edad de las arboledas.

RECUADRO 4.3 EJEMPLOS DE UN MÉTODO QUE CONSTITUYE UNA BUENA PRÁCTICA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS FORESTALES

Los sistemas nacionales de gestión de tierras pueden permitir la identificación de los cambios en el uso de la tierra, y los sistemas de censos territoriales que se implementan en muchos países también permiten lograr una representación coherente y un seguimiento de los cambios en el uso de la tierra. Los compiladores del inventario nacional deben obtener datos de los sistemas de gestión territorial o de los censos y utilizarlos como base para la identificación de las tierras convertidas. Hay datos de conversión de tierras que se pueden obtener directamente de compañías, propietarios privados, ministerios y organismos que desempeñan ciertas actividades en las tierras convertidas.

En algunos países, se han diseñado sistemas contables especiales para estimar las emisiones y absorciones en las tierras convertidas. El Sistema Nacional Australiano de Contabilización del Carbono (NCAS, del inglés *National Carbon Accounting System*) <<http://www.greenhouse.gov.au/>> es un ejemplo de *buena práctica* para la identificación de conversión de tierras. El NCAS es una herramienta sofisticada basada en un modelo que incluye datos de censos de recursos, estudios de campo y teledetección. Funciona a altas escalas espaciales y temporales. El NCAS se ocupa de todos los sectores de actividad en los sistemas territoriales, incluidos los depósitos de carbono y todos los gases de efecto invernadero según se vean afectados por actividades antropogénicas. Permite hacer un seguimiento de las actividades de repoblación forestal y reforestación dentro del territorio del país, así como estimar las emisiones y absorciones que les corresponden. En cuanto la nueva información ingresa al NCAS, los datos del inventario se actualizan permanentemente. El diseño y la implementación del NCAS y de sus componentes han estado sujetos a exhaustivas revisiones por pares y al régimen de garantía de calidad/control de calidad.

Se están desarrollando sistemas similares en Nueva Zelanda (Stephens *et al.*, 2005; Trotter *et al.*, 2005), Canadá (Kurz y Apps, 2006) y otros países. El empleo de tales sistemas de gestión de la tierra contribuye al desarrollo de inventarios de alta calidad y reduce los niveles de incertidumbre dentro del sector.

4.3.1.4 PASOS DE CÁLCULO PARA EL NIVEL 1

A continuación se resumen los pasos a dar para estimar el cambio en las existencias de carbono en biomasa (ΔC_B) empleando métodos por defecto

Paso 1: estimar la superficie convertida a tierras forestales (durante un lapso de 20 años previos al año del inventario) de otras categorías de uso de la tierra, tales como tierras de cultivo, pastizales y asentamientos. Véase el Capítulo 3 en cuanto a métodos detallados para estimar las *Tierras convertidas en tierras forestales*.

Paso 2: desagregar la superficie convertida en tierras forestales según se trate de bosques gestionados en forma intensiva (mediante plantación forestal) y en forma extensiva (a través de regeneración natural) sobre la base del método utilizado para la conversión.

Paso 3: calcular la pérdida inicial de biomasa relacionada con la conversión de las tierras, $\Delta C_{\text{CONVERSIÓN}}$ (Ecuación 2.16). Esto se puede estratificar empleando métodos de conversión de tierras.

Paso 4: estimar el incremento anual de las existencias de carbono en la biomasa debido al crecimiento en las *Tierras convertidas en tierras forestales* (ΔC_G), para bosques gestionados en forma intensiva a nivel de especies y de otras subcategorías, empleando las Ecuaciones 2.9 y 2.10 del Capítulo 2. Estimar el incremento anual de la biomasa a nivel de especies y de otras subcategorías.

Paso 5: estimar el incremento anual de las existencias de carbono en la biomasa que crece en las *Tierras convertidas en tierras forestales* (ΔC_G), para bosques gestionados en forma extensiva a nivel de especies y de otras subcategorías, empleando las Ecuaciones 2.9 y 2.10 del Capítulo 2.

Paso 6: estimar la pérdida anual o la reducción de la biomasa ($L_{\text{remoción-bosques}}$) debida a talas comerciales (madera industrial y leños serrados) aplicando la Ecuación 2.12 del Capítulo 2.

Paso 7: estimar la pérdida de biomasa debida a la retirada de madera combustible ($L_{\text{madera-combustible}}$) en *Tierras convertidas en tierras forestales* usando la Ecuación 2.13 del Capítulo 2.

Paso 8: estimar la pérdida anual de carbono debida a perturbaciones u otras pérdidas ($L_{\text{perturbación}}$) empleando la Ecuación 2.14 del Capítulo 2.

Paso 9: estimar la pérdida total de carbono de la biomasa debida a retirada de madera, de madera combustible y a perturbaciones (ΔC_L) empleando la Ecuación 2.11 del Capítulo 2.

Paso 10: estimar los cambios anuales en las existencias de carbono en biomasa (ΔC_B) de *Tierras convertidas en tierras forestales* empleando la Ecuación 2.15 del Capítulo 2.

Ejemplo: En el siguiente ejemplo se muestran los cálculos del Método de pérdidas y ganancias (Nivel 1) para obtener los cambios anuales de las existencias de carbono en biomasa (ΔC_B en la Ecuación 2.7 del Capítulo 2) para un país hipotético en una zona forestal continental templada de Europa (Cuadro 4.1, Sección 4.5). La superficie de tierras no forestales convertidas en tierras forestales (A) dentro del país es de 1 000 há (véase el Capítulo 3 en cuanto a categorización de superficies); El nuevo bosque es una plantación de pinos de 9 años de edad, bajo gestión intensiva, cuyo volumen promedio de crecimiento aéreo de existencias es de $10 \text{ m}^3 \text{ há}^{-1}$. Retirada por entresacado de $100 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$ de rollizos venables sobre corteza (H); se retiraron $50 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$ de árboles enteros ($FG_{\text{árboles}}$) como madera combustible. La superficie que sufre perturbaciones por insectos ($A_{\text{perturbación}}$) es de 50 há año^{-1} con biomasa aérea afectada de $1,0 \text{ ton d.m. há}^{-1}$.

La **ganancia anual en biomasa** (ΔC_G) es el producto del incremento anual medio de la biomasa (G_{TOTAL}), la superficie de tierra convertida a tierras forestales (A) y la fracción de carbono de la materia seca (CF); Ecuación 2.9 del Capítulo 2.

G_{TOTAL} se calcula empleando aplicando el incremento anual de biomasa aérea (G_W), la relación biomasa subterránea / biomasa aérea (R), (Ecuación 2.10 del Capítulo 2) y los cuadros de datos por defecto, Sección 4.5.

Para el país hipotético,

$$G_W = 4,0 \text{ ton d.m. há}^{-1} \text{ año}^{-1} \text{ (Cuadro 4.12); y}$$

$$R = 0,40 \text{ ton d.m. (ton d.m.)}^{-1} \text{ para biomasa aérea } < 50 \text{ ton há}^{-1} \text{ (Cuadro 4.4 con referencia al Cuadro 4.8 para biomasa aérea);}$$

$$G_{\text{TOTAL}} = 4,0 \text{ ton d.m. há}^{-1} \text{ año}^{-1} \bullet (1 + 0,40) = 5,6 \text{ ton d.m. há}^{-1} \text{ año}^{-1} \text{ (Ecuación 2.10)}$$

$$CF = 0,47 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1} \text{ (Cuadro 4.3)}$$

$$\Delta C_G \text{ (Ecuación 2.9): } = 1\,000 \text{ há año}^{-1} \bullet 5,6 \text{ ton d.m. há}^{-1} \text{ año}^{-1} \bullet 0,47 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1} \\ = 2\,632 \text{ ton C año}^{-1}$$

La **pérdida de biomasa** (ΔC_L) es la suma de la pérdida anual debida a recogidas de madera ($L_{\text{remoción-bosques}}$), recogida de madera combustible ($L_{\text{madera-combustible}}$) y perturbaciones ($L_{\text{perturbación}}$), Ecuación 2.11 del Capítulo 2.

La *recogida de madera* ($L_{\text{remoción-bosques}}$) se calcula con la Ecuación 2.12 del Capítulo 2, incluyendo madera en rollizos venable sobre corteza (H), factor de expansión de la conversión de biomasa ($BCEFR$), fracción de corteza en la madera recolectada (BF), relación biomasa subterránea / biomasa aérea (R), fracción de carbono de la materia seca (CF) y cuadros por defecto de la Sección 4.5. Para el país hipotético,

$$BCEFR = 2,0 \text{ ton d.m. m}^{-3} \text{ (Cuadro 4.5 con referencia al volumen de existencias en crecimiento } 10 \text{ m}^3 \text{ há}^{-1}\text{);}$$

$$BEF \text{ por defecto} = 0,1 \text{ ton d.m. (ton d.m.)}^{-1};$$

$$R = 0,40 \text{ ton d.m. (ton d.m.)}^{-1} \text{ para biomasa aérea } < 50 \text{ ton há}^{-1} \text{ (Cuadro 4.4 con referencia al Cuadro 4.8 para biomasa aérea); y}$$

$$CF = 0,47 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1} \text{ (Cuadro 4.3).}$$

$$L_{\text{remoción-bosques}} = 100 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1} \bullet 2 \text{ ton d.m. m}^{-3} (1 + 0,40 + 0,1) \bullet 0,47 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1} \\ = 141 \text{ ton C año}^{-1} \text{ (Ecuación 2.12)}$$

La *recogida de madera combustible* ($L_{\text{madera-combustible}}$) se calcula con la Ecuación 2.13 del Capítulo 2, incluyendo recogidas de madera en forma de árboles enteros ($FG_{\text{árboles}}$), factor de expansión de la conversión de biomasa ($BCEFR$), relación biomasa subterránea / biomasa aérea (R), fracción de carbono de la materia seca (CF) y cuadros por defecto de la Sección 4.5. Para el país hipotético,

$$BCEFR = 2,0 \text{ ton d.m. m}^{-3} \text{ (Cuadro 4.5 con referencia al volumen de existencias en crecimiento } 10 \text{ m}^3 \text{ há}^{-1}\text{);}$$

$$R = 0,40 \text{ ton d.m. (ton d.m.)}^{-1} \text{ para biomasa aérea } < 50 \text{ ton há}^{-1} \text{ (Cuadro 4.4 con referencia al Cuadro 4.8 para biomasa aérea);}$$

$$CF = 0,47 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1} \text{ (Cuadro 4.3).}$$

$$L_{\text{madera-combustible}} = 50 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1} \bullet 2,0 \text{ ton d.m. m}^{-3} (1 + 0,40 + 0,1) \bullet 0,47 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1} \\ = 65,80 \text{ ton C año}^{-1} \text{ (Ecuación 2.13)}$$

La *pérdida anual de carbono en biomasa debida a perturbaciones* ($L_{\text{perturbación}}$) se calcula aplicando la Ecuación 2.14, Capítulo 2, superficie de perturbaciones ($A_{\text{perturbación}}$), promedio de biomasa aérea afectada (B_w), relación biomasa subterránea / biomasa aérea (R), fracción de carbono de la materia seca (CF), fracción de biomasa perdida durante la perturbación (fd) y cuadros por defecto de la Sección 4.5. Para el país hipotético,

$$fd = 0.3;$$

$$R = 0.40 \text{ ton d.m. (ton d.m.)}^{-1} \text{ para biomasa aérea } < 50 \text{ ton há}^{-1} \text{ (Cuadro 4.4 con referencia al Cuadro 4.8 para biomasa aérea);}$$

$$CF = 0.47 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1} \text{ (Cuadro 4.3).}$$

$$L_{\text{perturbación}} = 50 \text{ há año}^{-1} \bullet 1.0 \text{ ton d.m. há}^{-1} (1 + 0.40) \bullet 0.47 \text{ ton C (ton dm)}^{-1} \bullet 0.3 \\ = 9.87 \text{ ton C año}^{-1} \text{ (Ecuación 2.14)}$$

Reducción anual en las existencias de carbono debida a pérdidas de biomasa (ΔC_L),

$$\Delta C_L = 141.00 \text{ ton C año}^{-1} + 65.80 \text{ ton C año}^{-1} + 9.87 \text{ ton C año}^{-1} \\ = 216.67 \text{ ton C año}^{-1} \text{ (Ecuación 2.11)}$$

Cambios anuales en las existencias de carbono en biomasa (ΔC_B)

Aplicando la Ecuación 2.7 del Capítulo 2 ($\Delta C_B = (\Delta C_G - \Delta C_L)$),

$$\Delta C_B = 2\,632 \text{ ton C año}^{-1} - 216.67 \text{ ton C año}^{-1} = 2\,415.33 \text{ ton C año}^{-1} \text{ (Ecuación 2.7)}$$

4.3.1.5 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Los factores de emisión requeridos para estimar los cambios en las existencias de carbono para *Tierras convertidas en tierras forestales* son casi idénticos a los requeridos para *Tierras forestales que permanecen como tales*, aunque referidos a tierras convertidas en bosques dentro de los 20 años del inventario (período de conversión por defecto). Lo tratado respecto a incertidumbre para *Tierras forestales que permanecen como tales* también tiene aplicación aquí. Es factible que la incertidumbre implícita en la estimación de las existencias de biomasa de las tierras anteriores y posteriores a la conversión sea alta. Tal incertidumbre puede reducirse realizando estudios de parcelas de muestreo en las categorías dominantes de uso de la tierra sujetas a conversión a tierras forestales. Es posible que la incertidumbre sea baja en cuanto a retirada de madera (madera industrial en rollos), porque es factible que se lleven estadísticas a nivel nacional sobre cosechas comerciales, aunque a veces puede resultar difícil separar las cosechas comerciales debidas a deforestación de las de las *Tierras forestales que permanecen como tales*. No obstante, es factible que la incertidumbre sea alta en cuanto a retirada y recogida de madera combustible y a pérdida de biomasa debida a perturbaciones. La incertidumbre que conllevan los métodos comerciales y tradicionales debería reducirse realizando sondeos de muestras en diferentes regiones socioeconómicas y climáticas.

Los datos de la actividad crítica necesarios para estimar los cambios en las existencias de carbono incluyen la superficie de las tierras convertidas y las tasas de pérdida de biomasa durante la conversión inicial y a partir de ésta. Es factible que el nivel de incertidumbre respecto a la superficie bajo plantaciones intensivas y extensivas sea bajo, puesto que la mayoría de los países llevan registros de las superficies forestadas y reforestadas. La incertidumbre debe reducirse mediante el desarrollo de una matriz de cambios en el uso de la tierra de *Tierras forestales que permanecen como tales* y para diferentes categorías de *Tierras convertidas en tierras forestales*, sobre la base de teledetección u otras técnicas de monitorización. Con una combinación de teledetección y sondeos sobre el terreno se podría reducir la incertidumbre hasta un 10-15%.

4.3.2 Materia orgánica muerta

En esta sección se analizan los cambios de las existencias de carbono en la materia orgánica muerta para la categoría de uso de la tierra *Tierras convertidas en tierras forestales*. Potencialmente, las tierras de cultivo, los pastizales, los asentamientos y otras categorías de uso de la tierra pueden convertirse en tierras forestales mediante la plantación o la regeneración natural. Es factible que la mayoría de las tierras no forestales no tengan depósitos importantes de carbono en madera muerta u hojarasca. Consecuentemente, en el Nivel 1 se supone que las existencias de carbono en depósitos de madera muerta y hojarasca en tierras no forestales equivalen a cero y que el carbono en los depósitos de materia orgánica muerta se incrementa linealmente al valor de los bosques

maduros durante un lapso de tiempo establecido (por defecto = 20 años). Para la conversión de tierras forestales no gestionadas en gestionadas, en el Nivel 1 se supone que las existencias de carbono en la materia orgánica muerta de los bosques no gestionados son similares a la de los gestionados y que no es necesario declarar cambio alguno respecto a las existencias de carbono. En realidad, aunque otras cosas son iguales, las existencias de carbono en la materia orgánica muerta de los bosques no gestionados son mayores que las de los gestionados porque, con la cosecha, se retira biomasa leñosa que, de otra manera, contribuiría a la dinámica de largo plazo de los depósitos de DOM (Kurz *et al.*, 1998) y constituye una *buena práctica* que los países con altas tasas de conversión de bosques no gestionados a gestionados utilicen métodos de Nivel superior para estimar los cambios resultantes en las existencias de carbono de la DOM.

Los métodos para estimar las emisiones y absorciones de carbono en los depósitos de materia orgánica muerta después de la conversión de tierras a tierras forestales requieren estimaciones de las existencias de carbono justo antes y después de la conversión, así como estimaciones de las superficies de las tierras convertidas durante el período de inventario. Algunas de las categorías de uso de la tierra que no son forestales, como humedales, asentamientos, tierras de cultivo y pastizales, pueden tener existencias significativas de carbono en sus depósitos de DOM. Es una *buena práctica* evaluar si la hipótesis de cuantificar los depósitos de DOM como cero se justifica respecto a tierras convertidas en tierras forestales. Mediante métodos de nivel superior, se puede especificar la magnitud inicial de los depósitos de DOM (p. ej., en algunas categorías del uso de la tierra, los depósitos de madera muerta y de hojarasca no equivalen a cero) y cuantificar la duración del período de transición (por defecto = 20 años) durante la cual los depósitos de DOM están cambiando como resultado de una transición a tierras forestales.

4.3.2.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

Los métodos generales para la estimación de cambios de las existencias de carbono en depósitos de materia orgánica muerta están descritos en el Capítulo 2, Sección 2.3.2. En el árbol de decisiones de la Figura 1.3 del Capítulo 1, se da orientación para la selección del método de nivel apropiado para la aplicación de los procedimientos de estimación. A menudo, las estimaciones de existencias de carbono en madera muerta y hojarasca difieren significativamente según el uso previo de la tierra, el tipo de bosque y el tipo de regeneración.

Nivel 1

Para *Tierras convertidas en tierras forestales*, la hipótesis de Nivel 1 es que los depósitos de madera muerta y hojarasca aumentan linealmente, a partir de cero (en la categoría de uso de la tierra no forestal), respecto a los valores por defecto para la región climática durante un período de T años (el valor actual por defecto es de 20 años para los depósitos de carbono tanto en hojarasca como en madera muerta). Las actividades humanas, como la recogida de madera combustible y algunas prácticas forestales como frecuentes entresacados, pueden modificar en gran medida la tasa de acumulación de carbono en los depósitos de madera muerta y hojarasca. Es una *buena práctica* evaluar si las magnitudes por defecto de los depósitos y los períodos de transición supuestos son razonables dados los regímenes climático y de gestión de un país. El período por defecto de 20 años es apropiado para depósitos de hojarasca, pero es factible que sea demasiado breve para depósitos de madera muerta, en especial en las regiones más frías con vegetación de crecimiento lento. Si el tiempo requerido para que se acumulen los depósitos de DOM es más prolongado que el período por defecto, entonces puede que las hipótesis del Nivel 1 sobreestimen las tasas de acumulación de carbono. Donde la superficie sometida a conversión del uso de la tierra a bosques sea grande, es una *buena práctica* desarrollar estimaciones nacionales de las tasas de acumulación de carbono en hojarasca y madera muerta en tierras convertidas en tierras forestales.

Niveles 2 y 3

Para los Niveles 2 o 3, los cambios de las existencias de carbono en depósitos de madera muerta y hojarasca pueden estimarse utilizando los dos métodos delineados en el Capítulo 2 (Ecuaciones 2.18 y 2.19). Es una *buena práctica* estratificar las superficies convertidas en tierras forestales según el uso anterior de la tierra, los métodos utilizados durante la conversión (p. ej., preparación del terreno, tratamiento de la biomasa residual), y la productividad y las características del bosque que está volviendo a crecer. Todos estos factores influyen sobre la magnitud y la velocidad del cambio de las existencias de carbono en los depósitos de DOM de las *Tierras convertidas en tierras forestales*.

También se alienta a los países que utilizan métodos de Nivel superior a seleccionar períodos de transición más apropiados para las existencias de carbono en hojarasca y madera muerta. Los depósitos de hojarasca pueden estabilizarse con relativa rapidez a medida que los ingresos se equilibran con las salidas. Por lo general, los depósitos de madera muerta requieren períodos de transición mucho más prolongados para pasar de condiciones no forestales a forestales. Más aun, tanto los depósitos de carbono en hojarasca como en madera muerta se ven afectados por muchos factores y se alienta a los países que emplean Niveles superiores a seleccionar valores de existencias en DOM a la madurez que reflejen como corresponde las circunstancias nacionales. Los países que

utilicen métodos de modelización del Nivel 3 obtendrán estimaciones de las existencias de materia orgánica muerta sobre la base de un balance simulado de entradas y pérdidas.

4.3.2.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN/ABSORCIÓN

Nivel 1

Los países que aplican un método de Nivel 1 necesitan datos sobre las existencias de carbono en madera muerta y hojarasca por defecto de las seis categorías de uso de la tierra en diferentes regiones climáticas, según lo definido en el Cuadro 3.1 del Capítulo 3. Según el Nivel 1, se supone que las existencias de carbono en los depósitos de hojarasca y madera muerta para todas las categorías de usos de la tierra no forestales equivalen a cero. Respecto a tierras convertidas en tierras forestales, se supone que las existencias de carbono en los depósitos de madera muerta y hojarasca se incrementan linealmente durante el período de transición T (por defecto, este valor es de 20 años para depósitos de C tanto en hojarasca como en madera muerta). Por ende, la tasa anual de aumento se estima como la relación entre la diferencia en existencias de carbono en los depósitos de DOM de las categorías no forestal y forestal y la cantidad de años del período de transición T.

Niveles 2 y 3

Los métodos de Nivel superior descritos en el Capítulo 4, Sección 4.2 *Tierras forestales que permanecen como tales* son igualmente aplicables a *Tierras convertidas en tierras forestales*. Se requieren los factores de emisión y absorción adicionales cuando deben estimarse los impactos de las prácticas de conversión en el uso de la tierra (p. ej., preparación del terreno y quemado de broza). Pueden surgir otros requisitos si no se puede justificar la hipótesis de que las existencias de carbono en depósitos de madera muerta y hojarasca de las categorías de uso de la tierra no forestales equivalen a cero, como sucede en algunos sistemas agroforestales, en asentamientos con una sustancial cobertura forestal y en otras circunstancias. Esto puede plantear desafíos especiales porque es típico que los inventarios forestales no incluyan tales áreas y resulta necesario identificar otras fuentes de datos o implementar programas de medición.

4.3.2.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

El método de Nivel 1 requiere datos de la actividad sobre la tasa anual de conversión a tierras forestales. Los datos de la actividad deben ser coherentes con los que se emplean para estimar los cambios en las existencias de carbono en la biomasa de *Tierras convertidas en tierras forestales*, según los principios generales establecidos en el Capítulo 3. Los datos de la actividad pueden obtenerse de estadísticas nacionales, de organismos de gestión forestal, organismos de conservación, ayuntamientos, y organismos de sondeo y mapeo. Donde se utilicen programas de declaración, es una *buena práctica* aplicar procedimientos de verificación y verificaciones cruzadas a fin de asegurar una representación completa y coherente de las *Tierras convertidas en tierras forestales*, a fin de evitar omisiones o cómputo doble. Los datos deben desagregarse de acuerdo con las categorías generales de clima y tipos de bosques.

Los inventarios realizados con Niveles superiores van a requerir información más exhaustiva sobre el establecimiento de nuevos bosques, con información más refinada sobre las clases de suelos, clima y resolución espacial y temporal.

Deberán incluirse todos los cambios en los depósitos de materia orgánica muerta que se produzcan durante la cantidad de años (T) seleccionada como período de transición. Las tierras en las que las transiciones hayan ocurrido hace más de T años se transfieren a *Tierras forestales que permanecen como tales* y se informan bajo esta categoría.

4.3.2.4 PASOS DE CÁLCULO PARA EL NIVEL 1

A continuación se resumen los pasos a dar para estimar el cambio en las existencias de carbono de materia orgánica muerta empleando los métodos por defecto:

Paso 1: estimar la superficie convertida a tierras forestales (durante un lapso de 20 años previos al año del inventario) de otras categorías de uso de la tierra, tales como tierras de cultivo, pastizales y asentamientos. Véase el Capítulo 3 en cuanto a métodos detallados para estimar las *Tierras convertidas en tierras forestales*.

Paso 2: en el Nivel 1 se supone que las existencias de carbono en la materia orgánica muerta (madera muerta y hojarasca) de las tierras no forestales equivalen a cero. Si se dispone de datos nacionales sobre las existencias de carbono en madera muerta y hojarasca de tierras no forestales, desagregar la superficie convertida en tierras forestales de acuerdo con la categoría de origen de uso de la tierra, p. ej., pastizales, tierras de cultivo, etc., utilizando las mismas categorías para las que estén disponibles las estimaciones de materia orgánica muerta. Los valores por defecto para existencias de carbono en hojarasca de tierras forestales se suministran en el Cuadro 2.2.

No se dispone de estimaciones regionales por defecto de existencias de carbono en madera muerta que resulten estadísticamente válidas.

Paso 3: estimar el incremento promedio anual de las existencias de materia orgánica muerta, separadamente para madera muerta y hojarasca, dividiendo la diferencia en existencias de carbono pre- y post-conversión por el período de transición (Ecuación 2.23 del Capítulo 2). Por defecto, en el Nivel 1, se supone que las existencias de carbono en la materia orgánica no forestal equivalen a cero y que el período de transición es de 20 años.

Paso 4: Estimar los cambios anuales de las existencias de carbono en materia orgánica muerta de *Tierras convertidas en tierras forestales* multiplicando el incremento promedio anual (Paso 3) por la superficie de tierras convertidas en tierras forestales durante los últimos 20 años (por defecto).

4.3.2.5 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

En general, la magnitud de la incertidumbre en los depósitos de materia orgánica muerta es mayor que la de las estimaciones de biomasa porque es habitual que se disponga de muchos menos datos respecto a los depósitos de DOM que a los de biomasa. Las incertidumbres de las estimaciones de superficie realizadas mediante los métodos sugeridos en el Capítulo 3 se indican en el Cuadro 3.7 y las incertidumbres en la determinación de los cambios en las existencias de carbono en la materia orgánica muerta pueden ser varias veces mayores que la incertidumbre de las estimaciones de cambios de existencias en biomasa empleando coeficientes por defecto.

Aunque en bibliografía y demás hay relativamente pocas estimaciones de incertidumbre en cuanto a cambios en las existencias de carbono en los depósitos de DOM, se pueden identificar varias fuentes para las estimaciones de cambios en las existencias de carbono en los depósitos de materia orgánica muerta de *Tierras convertida en tierras forestales*. En primer lugar, no siempre se justifica la hipótesis de que las existencias de carbono en DOM equivalen a cero en las tierras no forestales. Subestimar la magnitud de las verdaderas existencias iniciales de DOM lleva a sobreestimar las verdaderas tasas de acumulación. En segundo lugar, es factible que los valores por defecto de la magnitud de las existencias de carbono en hojarasca y madera muerta sufran un sesgo al estar basados en estimaciones de tierras que fueron forestales durante un largo período. Entonces, las magnitudes de las existencias al fin del período de transición pueden sobreestimarse nuevamente, lo que conduce a sobreestimaciones de las tasas de acumulación. En tercer lugar, el período de transición por defecto puede ser demasiado prolongado para las existencias de carbono en la hojarasca, lo que lleva a subestimaciones de las verdaderas tasas de acumulación. En cambio, para los depósitos de madera muerta, es factible que el período de transición de 20 años supuesto por defecto sea demasiado breve. Por ende, puede estar sobreestimada la tasa de acumulación de carbono en los depósitos de madera muerta.

4.3.3 Carbono del suelo

Por lo general, las conversiones de tierras con suelos minerales mantienen niveles similares de reservas de C o crean condiciones que incrementan las existencias de C en el suelo, en particular si la tierra fue previamente gestionada para producción agrícola anual (Post y Kwon, 2000). Sin embargo, en ciertas circunstancias, se ha demostrado que la conversión de pastizales en tierras forestales provoca pequeñas pérdidas de C en los suelos minerales durante varias décadas después de ocurrida (Davis y Condrón, 2002; Paul *et al.*, 2002). Las emisiones de C de suelos orgánicos varía según el uso previo y el nivel de drenaje. Específicamente, la conversión de tierras de cultivo tiende a reducir las emisiones, es posible que las conversiones de pastizales mantengan tasas de emisión similares, mientras que, a menudo, la conversión de humedales incrementa las emisiones de C.

Se incluyen información general y directrices sobre cómo estimar cambios en las existencias de C del suelo en la Sección 2.3.3 del Capítulo 2 (incluidas las ecuaciones) y se las debe leer antes de continuar con las directrices específicas referidas a las existencias de C de los suelos forestales. Los cambios totales de las existencias de C en *Tierras convertidas en tierras forestales* se calculan utilizando la Ecuación 2.24 (Capítulo 2), en la que se combinan los cambios en las existencias de C orgánico del suelo para suelos minerales y orgánicos, con los cambios en las existencias de los depósitos de C inorgánico del suelo (Nivel 3 solamente). Véase la Sección 2.3.3.1 (Capítulo 2) en cuanto a un análisis general sobre C inorgánico en el suelo (no se brinda ninguna información adicional en el análisis que sigue referido a Tierras forestales).

A fin de contabilizar los cambios en las existencias de C del suelo relacionados con *Tierras convertidas en tierras forestales*, los países deben tener, como mínimo, estimaciones de la superficie de *Tierras forestales que permanecen como tales* durante el período de inventario, estratificadas por región climática y por tipo de suelo. Si los datos sobre uso y gestión de la tierra son limitados, se pueden emplear como punto de partida los datos de la actividad del Método 1, junto con el conocimiento de los expertos locales sobre la distribución aproximada de los tipos de uso de la tierra que se convierten. Si se desconocen los usos de la tierra y las conversiones anteriores de las *Tierras convertidas en tierras forestales*, igualmente se pueden calcular los cambios de existencias de

SOC empleando los métodos provistos bajo *Tierras forestales que permanecen como tales*, aunque es factible que la base territorial sea diferente para los bosques en el año en curso con respecto al año de inicio del inventario. No obstante, es crítico que el total de la superficie territorial para todos los sectores de uso de la tierra sea la misma durante el tiempo que lleve el inventario (p. ej., si se convierten 5 millones de hectáreas de Tierras de Cultivo y Pastizales a Tierras forestales durante el período del inventario, entonces las tierras forestales tendrán un adicional de 5 millones de hectáreas en el último año del inventario, mientras que las Tierras de Cultivo y los Pastizales tendrán la correspondiente pérdida de 5 millones de hectáreas en ese último año), y el cambio total se estimará sumando las existencias de SOC de todos los usos de la tierra. *Las tierras convertidas en tierras forestales* se estratifican según las regiones climáticas y los principales tipos de suelos, lo que puede basarse en clasificaciones por defecto o específicas del país. Esto se puede lograr mediante superposiciones de mapas de clima y suelos, junto con datos espacialmente explícitos en cuanto a la ubicación de las conversiones de las tierras.

Los inventarios se pueden desarrollar empleando métodos de Niveles 1, 2 o 3; cada uno de los sucesivos Niveles requiere más detalles y recursos que el anterior. Es posible que haya países que utilicen diferentes niveles para preparar estimaciones de cada componente en particular en esta categoría fuente (p. ej., cambios en las existencias de C orgánico en suelos minerales y orgánicos; y cambios de existencias relacionados con depósitos de C inorgánico en el suelo).

4.3.3.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

Los inventarios se pueden desarrollar empleando los métodos de Niveles 1, 2 o 3, y los países pueden elegir entre los diferentes niveles para suelos minerales y orgánicos. En el Capítulo 2, se proporcionan árboles de decisión para suelos minerales (Figura 2.4) y para suelos orgánicos (Figura 2.5) a fin de asistir a los compiladores del inventario en la selección del nivel adecuado para su inventario de C del suelo.

Suelos minerales

Nivel 1

Los cambios en las existencias de C de los suelos orgánicos se pueden estimar para suelos minerales con conversión de uso de la tierra a tierras forestales empleando la Ecuación 2.25 (Capítulo 2). En cuanto al Nivel 1, las existencias iniciales (pre-conversión) de C orgánico del suelo ($COC_{(0-T)}$) y las existencias de C en el último año del período de inventario (SOC_0) se determinan a partir del conjunto de existencias de C orgánico de referencia (SOC_{REF}) y de los factores de cambio de existencias por defecto (F_{LU} , F_{MG} , F_I), según resulte apropiado para describir el uso y la gestión de la tierra tanto antes como después de la conversión. Nótese que la superficie de roca firme en las tierras forestales no se incluye en el cálculo de las existencias de C del suelo (se supone una existencia 0). Las tasas anuales de cambio en las existencias de carbono se calculan como la diferencia en las existencias (a través del tiempo) dividida por la dependencia temporal (D) de los factores de cambio de existencias (el valor por defecto es de 20 años).

Nivel 2

En el método de Nivel 2 para suelos minerales también se utiliza la Ecuación 2.25 (Capítulo 2), pero se incluyen las existencias de C de referencia específicas del país o la región y/o los factores de cambio de existencias y, posiblemente, datos de la actividad en el uso de la tierra y datos ambientales más desagregados.

Nivel 3

Los métodos del Nivel 3 van a incluir modelos más detallados y específicos del país y/o enfoques basados en mediciones, así como datos de uso y gestión de la tierra muy desagregados. Constituye una *buena práctica* que los métodos de Nivel 3 con los que se estimen los cambios de C en el suelo producidos por conversiones a tierras forestales empleen modelos, redes de monitorización y/o conjuntos de datos que sean representativos de la transiciones ocurridas a través del tiempo de otros usos de la tierra, incluyendo pastizales, tierras de cultivo y, posiblemente, asentamientos y otros usos de la tierra. Es importante que los modelos se evalúen mediante observaciones independientes a partir de sitios específicos del país o de la región que sean representativos de las interacciones entre el clima, el suelo y el tipo o la gestión forestal referidos a los cambios en las existencias de C del suelo ocurridos después de la conversión.

Suelos orgánicos

Niveles 1 y 2

Las *Tierras convertidas en tierras forestales* en suelos orgánicos dentro del período del inventario se tratan de la misma manera que las *Tierras forestales que permanecen como tales* en suelos orgánicos. Las pérdidas de C de las tierras forestales recién convertidas se calculan empleando la Ecuación 2.26 (Capítulo 2) si los suelos tienen drenaje. En la Sección 4.3.3.1 se brinda orientación adicional sobre los métodos de los Niveles 1 y 2.

Nivel 3

Así como sucede con los suelos minerales, un método del Nivel 3 incluye modelos específicos del país y/o enfoques basados en mediciones, así como datos sobre uso y gestión de la tierra muy desagregados (véase un análisis adicional en lo citado precedentemente respecto a suelos minerales).

4.3.3.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE CAMBIO DE EXISTENCIAS Y DE EMISIÓN***Suelos minerales*****Nivel 1**

En cuanto a tierras nativas no gestionadas, así como a tierras forestales, asentamientos y pastizales nominalmente gestionados bajo regímenes de poca perturbación, se supone que las existencias de C en el suelo son equivalentes a las de los valores de referencia (es decir, los factores de uso de la tierra, perturbación (sólo para bosques), gestión e ingreso equivalen a 1), pero será necesario aplicar los factores de cambio de existencias apropiados para representar a otros sistemas que se pueden convertir en tierras forestales, por ejemplo pastizales mejorados y degradados, así como todos los sistemas de Tierras de Cultivo. Véase la sección que corresponde en usos de la tierra en cuanto a los factores de cambio de existencias por defecto (Tierras forestales en 4.2.3.2, Tierras de cultivo en 5.2.3.2, Pastizales en 6.2.3.2, Asentamientos en 8.2.3.2 y Otras tierras en 9.3.3.2). Las existencias de C de referencia por defecto se encuentran en el Cuadro 2.3 (Capítulo 2).

Nivel 2

Probablemente, la estimación de los factores de cambio de existencias específicos del país constituya el desarrollo más importante relacionado con el método de Nivel 2. Las diferencias en existencias de C orgánico en el suelo entre los usos de la tierra se calcula con relación a una condición de referencia. Si se utilizan las existencias de C de referencia por defecto, la condición de referencia es la vegetación nativa que no se degrada ni mejora por las prácticas de uso y gestión de la tierra. Los factores de cambio de la conversión en el uso de la tierra a bosques nativos equivalen a 1 si el bosque es representativo de la condición de referencia. En cambio, los factores de cambio de existencias deberán derivarse para *Tierras convertidas en tierras forestales* que no representan la condición de referencia, tomando en cuenta la influencia de las perturbaciones (F_D), las entradas (F_I) y la gestión (F_{MG}), que se emplean entonces para refinar aun más las existencias de C del nuevo sistema forestal. Véase la sección que corresponde en cuanto a la derivación de los factores de cambio de existencias para otros sectores de uso de la tierra (Tierras de cultivo en 5.2.3.2, Pastizales en 6.2.3.2, Asentamientos en 8.2.3.2 y Otras tierras en 9.3.3.2).

En un método de Nivel 2, las existencias de C de referencia también se derivan de datos específicos del país. Sin embargo, los valores de referencia deben ser coherentes para todos los usos de la tierra (es decir, Tierras forestales, Tierras de cultivo, Pastizales, Asentamientos y Otras tierras) y, por ende, requieren coordinación entre los distintos equipos a cargo de los inventarios de C del suelo para AFOLU.

Nivel 3

Es menos factible que los factores constantes de tasa de cambio de existencias *per se* se estimen a cambio de tasas variables que reproduzcan con exactitud los efectos del uso y la gestión de la tierra. Para un análisis más pormenorizado, véase la Sección 2.3.3.1 (Capítulo 2).

Suelos orgánicos**Niveles 1 y 2**

Las *Tierras convertidas en tierras forestales* en suelos orgánicos dentro del período del inventario se tratan de la misma manera que las *Tierras forestales que permanecen como tales* en suelos orgánicos. Los factores de emisión del Nivel 1 se presentan en el Cuadro 4.6 (Sección 4.5), mientras que los del Nivel 2 se derivan de datos específicos del país o la región.

Nivel 3

Es menos factible que los factores constantes de tasa de emisión *per se* se estimen a cambio de tasas variables que reproduzcan con exactitud los efectos del uso y la gestión de la tierra. Para un análisis más pormenorizado, véase la Sección 2.3.3.1 del Capítulo 2.

4.3.3.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Suelos minerales

Niveles 1 y 2

A los efectos de estimar los cambios en las existencias de carbono del suelo, las estimaciones de superficie de *Tierras convertidas en tierras forestales* deben estratificarse según las regiones climáticas y los tipos de suelos principales. Se puede basar en superposiciones parciales de mapas de clima y suelos apropiados, junto con datos espacialmente explícitos en cuanto a la ubicación de las conversiones de las tierras. Las descripciones detalladas de los esquemas de clasificación de climas y suelos por defecto se encuentran en el Capítulo 3. Se suministra información específica en cada una de las secciones de uso de la tierra respecto al tratamiento de los datos de la actividad de uso/gestión de la tierra (tierras forestales en la Sección 4.2.3.3, Tierras de cultivo en 5.2.3.3, Pastizales en 6.2.3.3, Asentamientos en 8.2.3.3 y Otras tierras en 9.3.3.3),

Un aspecto crítico en la evaluación del impacto de las *Tierras convertidas en tierras forestales* sobre las existencias de C orgánico del suelo es el tipo de datos de la actividad sobre uso y gestión de la tierra. Los datos de la actividad obtenidos empleando los Métodos 2 o 3 (véase el Capítulo 3 por un análisis referido a Métodos) suministran la información básica subyacente para determinar el uso previo de la tierra en *Tierras convertidas en tierras forestales*. Por contraste, los datos agregados (Método 1, Capítulo 3) sólo suministran la cantidad total de superficie en cada uso de la tierra y no constituyen una base para determinar transiciones específicas. Por lo tanto, se desconocerá el uso de la tierra previo a la conversión a tierras forestales. Esto no constituye problema alguno si se usan los métodos de Niveles 1 o 2 porque el cálculo no es dinámico y se supone un cambio por etapas de un estado de equilibrio a otro. Con los datos agregados (Método 1), los cambios de las existencias de C orgánico en el suelo se pueden calcular por separado para cada sector de uso de la tierra y, después, combinarlos para obtener el cambio total de existencias. Algunos de los cambios en las existencias serán el resultado de menor o mayor superficie territorial en un sector dado, pero tales cambios en la base territorial se compensan por un incremento o una disminución concomitantes en la superficie territorial de otro sector. Empleando este método, será necesario que haya coordinación entre los distintos sectores, a fin de garantizar que el total de la base territorial se mantenga constante a través del tiempo, dado que ciertas superficies se perderán o ganarán dentro de sectores individuales durante cada año de inventario, debido a cambios en el uso de la tierra.

Nivel 3

Para la aplicación de modelos dinámicos y/o de un inventario directo basado en mediciones en el Nivel 3, se requieren datos similares o más detallados de las combinaciones de datos climáticos, de suelos, topográficos y de gestión, en comparación con los métodos de los Niveles 1 y 2, aunque los requisitos exactos dependen del diseño del modelo o de la medición.

Suelos orgánicos

Niveles 1 y 2

Las *Tierras convertidas en tierras forestales* en suelos orgánicos dentro del período del inventario se tratan de la misma manera que las *Tierras forestales que permanecen como tales* en suelos orgánicos.

Nivel 3

Como sucede con los suelos minerales, es factible que los métodos del Nivel 3 requieran datos más detallados de las combinaciones de datos climáticos, de suelos, topográficos y de gestión, en comparación con los métodos de los Niveles 1 y 2, aunque los requisitos exactos dependerán del diseño del modelo o de la medición.

4.3.3.4 PASOS DE CÁLCULO PARA EL NIVEL 1

Suelos minerales

Los pasos para estimar SOC_0 y $SOC_{(0-T)}$ y los cambios de existencias netas de C en el suelo por hectárea de *Tierras convertidas en tierras forestales* son los siguientes:

Paso 1: determinar el uso y la gestión del suelo por tipos de suelos minerales y regiones climáticas del territorio al comienzo del período de inventario, lo que puede variar según la periodicidad de los datos de la actividad (0-T; p. ej., hace 5, 10 o 20 años).

Paso 2: seleccionar el valor de existencias de C de referencia específico del lugar (SOC_{REF}) sobre la base del tipo de clima y de suelo del Cuadro 2.3, para cada superficie de tierra a inventariar. Las existencias de C de referencia son las mismas para todas las categorías de uso de la tierra a fin de garantizar que no se computen cambios erróneos en las existencias de C debidos a diferencias en valores de existencias de referencia entre sectores.

Paso 3: seleccionar el factor de uso de la tierra (F_{LU}), el factor de gestión (F_{MG}) y los niveles de entrada de C (F_I) que representan el sistema de uso y gestión de la tierra presente antes de la conversión a forestal. Los valores de F_{LU} , F_{MG} y F_I se encuentran en la sección respectiva al sector de uso de la tierra (Tierras de cultivo en el Capítulo 5 y Pastizales en el Capítulo 6).

Paso 4: multiplicar estos valores por las existencias de C del suelo de referencia para estimar las existencias de C orgánico en el suelo «iniciales» ($SOC_{(0-T)}$) durante el período del inventario.

Paso 5: estimar SOC_0 repitiendo los pasos 1 a 4 y empleando las mismas existencias de C de referencia del lugar (SOC_{REF}), pero empleando factores de uso y gestión de la tierra y factores de entrada que representen las condiciones del último año de inventario (año 0). Para el Nivel 1, se supone que todos los factores de cambio de existencias equivalen a 1 para tierras forestales (aunque para el Nivel 2, deberán usarse valores diferentes para estos factores bajo tierras forestales recientemente convertidas, sobre la base de datos específicos del país).

Paso 6: estimar el cambio promedio anual en existencias de C en el suelo para la zona durante el período de inventario, $\Delta C_{CC_{Minerales}}$ (véase la Ecuación 2.25 del Capítulo 2).

Paso 7: repetir los Pasos 1 a 6 si hay períodos de inventario adicionales (p. ej., 1990 a 2000, 2001 a 2010, etc.).

A continuación se presenta un ejemplo numérico para forestación de suelos de cultivo.

Ejemplo: Se realizó una plantación forestal en una superficie de 100 000 há de tierras de cultivo. El tipo de suelo es un Ultisol de un clima húmedo tropical que tiene existencias de referencia del lugar, SOC_{Ref} (0-30 cm), de 47 ton C há⁻¹ (Cuadro 2.3). El uso previo de la tierra fue de cultivos anuales en surcos, con labores convencionales, sin fertilización y donde los residuos de cultivo se quitaban, por lo que las existencias de carbono en el suelo al comienzo del período de inventario (en este ejemplo, 5 años antes, en 1995) fue de ($SOC_{Ref} \bullet F_{LU} \bullet F_{MG} \bullet F_I$) = 47 ton C há⁻¹ • 0,48 • 1 • 0,92 = 20,8 ton C há⁻¹ (véase el Cuadro 5.5, Capítulo 5, en cuanto a factor de cambios de existencias para tierras de cultivo). En el Nivel 1, se supone que el bosque gestionado tiene las mismas existencias de C en el suelo que la condición de referencia (es decir, todos los factores de cambio de existencias equivalen a 1). Por ende, el cambio promedio anual de las existencias de C en el suelo para la zona durante el período del inventario se estima como (47 ton C há⁻¹ – 20,8 ton C há⁻¹) / 20 años = 1,3 ton C há⁻¹ año⁻¹. Para el área reforestada hay un incremento de 131 000 ton C año⁻¹. (Nota: 20 años es la dependencia temporal del factor de cambio de existencias, es decir, el factor representa la tasa anual de cambio durante 20 años).

Suelos orgánicos

Los pasos para el cálculo son los mismos descritos en la Sección 4.2.3.4 precedente.

4.3.3.5 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Los análisis de incertidumbre para *Tierras convertidas en tierras forestales* son fundamentalmente los mismos que para *Tierras forestales que permanecen como tales*. Existen tres grandes fuentes de incertidumbre: 1) incertidumbres en los datos de la actividad de uso y gestión de la tierra y del medio ambiente; 2) incertidumbres con referencia a las existencias de C en el suelo si se utilizan los métodos de los Niveles 1 o 2 (suelos minerales solamente); y 3) incertidumbres en los factores de cambios en las existencias y de emisión para los métodos de Niveles 1 o 2, error en la estructura/los parámetros del modelo para los métodos basados en el modelo de Nivel 3, o errores de medición/variabilidad en el muestreo relacionados con los inventarios basados en mediciones de Nivel 3. Véase la sección sobre incertidumbre en *Tierras forestales que permanecen como tales* para un análisis adicional (Sección 4.2.3.5).

4.3.4 Emisiones de gases no CO₂ a partir del quemado de biomasa

La orientación para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero no CO₂ a partir del quemado de biomasa o de incendios en *Tierras convertidas en tierras forestales* se analiza en la sección 4.2.4. También se suministra orientación general en el Capítulo 2, Sección 2.4.

La orientación para estimar las emisiones de N₂O de suelos forestales se presenta en el Capítulo 11.

4.4 EXHAUSTIVIDAD, SERIES TEMPORALES, GC/CC, Y GENERACIÓN DE INFORMES Y DOCUMENTACIÓN

4.4.1 Exhaustividad

La exhaustividad es un requisito para los inventarios de gases de efecto invernadero y constituye una *buena práctica* tener en cuenta todas las ganancias y pérdidas de carbono forestales, incluidos los productos de madera recolectada. Un inventario de gases de efecto invernadero de tierras forestales debe incluir todas las tierras de la categoría tierras forestales y las tierras de todas las categorías de uso convertidas a tierras forestales. En pro de la exhaustividad, es una *buena práctica* incluir todos los depósitos de carbono y gases de efecto invernadero no CO₂. En el Capítulo 11, Sección 11.2, se brinda asesoramiento sobre la emisión de N₂O de suelos orgánicos drenados. La superficie forestal utilizada para el cálculo de los diferentes depósitos de carbono debe ser la misma. Pasos de cálculo para el Nivel 1 Los niveles superiores incluyen los impactos adicionales de los regímenes de gestión y de perturbaciones naturales sobre las existencias de C en suelos minerales o las emisiones de los suelos orgánicos, mediante la incorporación de información específica del país. Resulta necesario tener en cuenta la totalidad de las emisiones y absorciones de CO₂ relacionadas con *Tierras forestales que permanecen como tales* y con *Tierras convertidas en tierras forestales*, o resultantes del quemado de biomasa en tierras forestales gestionadas (y, de corresponder, en las no gestionadas). Es una *buena práctica* que, al principio, todas las pérdidas de los depósitos de carbono en la biomasa que produzcan transferencias a depósitos de materia orgánica muerta se contabilicen como cambios a las existencias de carbono en biomasa. Es una *buena práctica* que los países que apliquen los métodos de estimación del Nivel 1 no contabilicen las emisiones de carbono de depósitos de DOM durante incendios u otras perturbaciones, porque se supone que todos las incorporaciones al depósito de DOM se liberaron durante el año de la incorporación. En consecuencia, los métodos del Nivel 1 también descartan la contabilización de los incrementos en los depósitos de DOM resultantes de las perturbaciones naturales.

4.4.2 Desarrollo de una serie temporal coherente

Es una *buena práctica* desarrollar una serie temporal coherente de inventarios de emisiones y absorciones antropogénicas de gases de efecto invernadero para todas las categorías de AFOLU aplicando la orientación provista en el Volumen 1, Capítulo 5. Dado que sólo se puede disponer de datos de la actividad cada unos pocos años, lograr la coherencia de la serie temporal puede exigir la interpolación o extrapolación de series temporales o tendencias más prolongadas, posiblemente utilizando información sobre cambios en las políticas forestales y en esquemas de incentivos donde se requieran factores motivantes.

Una contabilización coherente y permanente a través del tiempo de las superficies territoriales incluidas en un inventario de emisiones y absorciones de C en biomasa y en el suelo requiere que los datos de la actividad para todas las categorías de uso de la tierra se estratifiquen a través de una definición en común de los tipos de climas y de suelos. De esta manera, las áreas sujetas a cambios en el uso de la tierra no se van a perder ni se van a computar dos veces debido a errores contables resultantes de definiciones incoherentes de tipos de clima, de bosques y de estratos del suelo dentro de otras categorías de uso de la tierra. Para estimar las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero, ya sea en los Niveles 1, 2 o 3, es ideal que se aplique el mismo protocolo (estrategia de muestreo, método, etc.) de forma coherente y durante todos los años de la serie temporal, con el mismo nivel de desagregación y, cuando se utilicen datos específicos del país, es una *buena práctica* usar los mismos coeficientes y métodos para cálculos equivalentes en todos los puntos de la serie temporal.

No obstante, a medida que la capacidad de inventariado y la disponibilidad de fuentes de información y datos mejoran a través del tiempo, deben incluirse nuevas categorías de fuentes y de sumideros o, ascendiendo a niveles superiores, se pueden actualizar y redefinir los métodos y los datos utilizados para calcular las estimaciones. En estas circunstancias, constituye una *buena práctica* volver a calcular coherentemente las emisiones y absorciones históricas. En algunos casos, si faltan algunos datos históricos, puede ser necesario estimarlos a partir de otras fuentes de datos. Por ejemplo, ahora, las *Directrices del IPCC de 2006* requieren la estimaciones de las emisiones de CO₂ y de no CO₂ en los bosques, lo que no estaba incluido en las *Directrices de 1996* (véase el Capítulo 1). También el nivel de conocimiento y de detalles en las estimaciones de emisiones para los suelos va a mejorar a través del tiempo, lo que va a requerir volver a calcular los inventarios históricos para tener en cuenta los nuevos datos y/o métodos. A menudo, los cambios en los suelos forestales no se pueden detectar a una escala temporal menor que una década; va a ser necesario interpolar entre mediciones a fin de obtener estimaciones anuales de emisiones y absorciones. Se debe realizar un seguimiento de los cambios en los

tipos de bosques, prácticas y perturbaciones durante períodos prolongados, determinado, por ejemplo, por la dinámica del carbono en el suelo o por los períodos de rotación forestal, por los que se les haga un seguimiento específicamente con cálculos basados en modelos detallados.

En los países que utilizan métodos del Nivel 1, las estimaciones de los cambios de las existencias en DOM sólo se suministran en caso de que haya cambios en el uso de la tierra a tierras forestales o de éstas. Constituye una *buena práctica* volver a calcular toda la serie temporal de datos si se modifican los valores por defecto para depósitos de carbono en hojarasca o madera muerta o la duración de los períodos de transición. También es una *buena práctica* volver a calcular toda la serie temporal de estimaciones si se han producido revisiones de los datos de la actividad, tales como la velocidad del cambio en el uso del suelo. A medida que, en el futuro, se comience a disponer de más datos de parcelas y de otras muestras respecto a existencias de carbono en madera muerta y hojarasca, es factible que los países mejoren los modelos utilizados en los procedimientos de estimación de Niveles superiores. Es una *buena práctica* utilizar los mismos valores de parámetros modelo (como tasas de caída de hojarasca, tasas de descomposición, impactos por perturbaciones) para toda la serie temporal y volver a calcular toda la serie temporal si cambian uno o más o más de los parámetros modelo. No hacerlo puede traer como resultados fuentes o sumideros artificiales, por ejemplo, a resultados de modificaciones de el índice de descomposición.

4.4.3 Garantía de calidad y control de calidad

Las características de la estimación del inventario de gases de efecto invernadero en tierras forestales pueden tener un nivel diferente de precisión, exactitud y sesgo. Más aun, las estimaciones se ven influenciadas por la calidad y la coherencia de los datos y la información disponibles en un país, así como por las brechas en el conocimiento. Además, según el nivel de los métodos que se usen en un país, las estimaciones pueden verse afectadas por diferentes fuentes de errores, como los errores de muestreo, de evaluación, de clasificación de las imágenes de detección remota y de modelización, que se pueden propagar a toda la estimación.

Es una *buena práctica* realizar verificaciones de control de calidad mediante procedimientos de garantía de calidad (GC) y control de calidad (CC), así como revisiones por expertos de los procedimientos de estimación de las emisiones. También pueden ser de aplicación verificaciones adicionales de control de calidad como las esbozadas en los procedimientos de Nivel 2 del Volumen 1, Capítulo 6, y procedimientos de garantía de calidad, particularmente si, para estimar las emisiones, se utilizan métodos de niveles superiores. Es una *buena práctica* complementar con GC/CC en general relacionadas con procesamiento y manejo de datos, y con la generación y documentación de informes, con procedimientos por categorías específicos de la fuente. Los procedimientos de GC/CC deben documentarse por separado para *Tierras forestales que permanecen como tales* y para *Tierras convertidas en tierras forestales*.

Los organismos que recaban datos son los responsables de revisar los métodos de recolección de datos, de verificar los datos para garantizar que se los recoge y se los agrega o desagrega correctamente, y de realizar una verificación cruzada de los datos con otras fuentes de datos y con años anteriores para asegurarse de que los datos son realistas, completos y coherentes a través del tiempo. Los datos de la FAO deben someterse a verificación cruzada con otras fuentes nacionales en pro de la exactitud y la coherencia. Las bases para las estimaciones (p. ej., sondeos estadísticos o «estimaciones de escritorio») se deben revisar y describir como parte del proceso de CC. La documentación es un componente clave del proceso de revisión, ya que permite a los revisores identificar inexactitudes, brechas y sugerir mejoras. La documentación y la transparencia en la declaración son de suma importancia para categorías de fuentes con mucha incertidumbre y para fundar las razones de las divergencias entre los factores específicos de un país y los factores por defecto o utilizados por otros países. A los países con condiciones (ecológicas) similares se los alienta a que colaboren en la refinación de métodos, factores de emisión y evaluación de incertidumbre.

Verificación de los datos de la actividad: que resulte posible, el organismo a cargo del inventario debe verificar los datos que incluye todas las superficies de tierras gestionadas, empleando fuentes independientes y comparándolas. Para muchos países, la base de datos de la FAO podría ser la principal fuente y, en ese caso, los datos deben someter a verificación cruzada. Toda diferencia en los registros de superficies deben documentar a los efectos de su revisión. Los totales de superficie de los datos de la actividad se deben sumar para todas las categorías de uso de la tierra a fin de que el total de la superficie incluida en el inventario y su estratificación por tipos de clima y de suelo constante a través del tiempo. Esto asegura que las superficies de tierras forestales no se «crean» ni se «pierden» a través del tiempo, lo que traería aparejados importantes errores en el inventario. Cuando se utilizan datos específicos del país (como los índices de crecimiento de biomasa en pie y biomasa, la fracción de carbono en la biomasa aérea y los factores de expansión de la biomasa, y las estimaciones de consumo de fertilizantes sintéticos), el organismo a cargo del inventario debe compararlos con los valores por defecto del IPCC o con la base de datos de factores de emisión (EFDB) y tomar nota de las diferencias.

Los parámetros específicos de un país deben ser de alta calidad, preferiblemente datos experimentales revisados por pares, bien descritos y documentados. Se alienta a los organismos a cargo del inventario a asegurarse de que se han utilizados métodos de *buenas prácticas* y que los resultados fueron revisados por pares. Se pueden utilizar evaluaciones de superficies de prueba para validar la fiabilidad de las cifras declaradas.

Revisión interna y externa: los procesos de revisión, según lo establecido en el Volumen 1, Capítulo 8, deben estar a cargo de expertos que, preferiblemente, no hayan participado en el desarrollo del inventario. El organismo a cargo del inventario debe utilizar expertos en absorciones y emisiones de gases de efecto invernadero de AFOLU para llevar a cabo revisiones a cargo de pares expertos de los métodos y datos utilizados. Dada la complejidad y la exclusividad de los parámetros empleados para calcular los factores específicos de un país para ciertas categorías, deben participar en esas revisiones especialistas selectos en la materia. Si los factores relativos al suelo se basan en mediciones directas, el organismo a cargo del inventario debe revisar las mediciones para asegurarse de que sean representativas de la verdadera gama de condiciones ambientales y de gestión del suelo, y de la variabilidad climática interanual, y de que se desarrollaron sobre la base de normas reconocidas. También se deberá revisar el protocolo de GC/CC vigente en los sitios y las estimaciones resultantes deberán compararse entre sitios y con estimaciones basadas en datos por defecto.

Es una *buen práctica* que los países que emplean métodos del Nivel 1 analicen y, si es necesario, revisen las hipótesis por defecto para existencias de carbono en los depósitos de hojarasca y madera muerta que se requieren para la estimación de las pérdidas de carbono producidas por la deforestación. Se alienta a los países que aplican métodos de niveles superiores a que calculen indicadores intermedios de los modelos utilizados para desarrollar estimaciones de los cambios en las existencias de DOM. Por ejemplo, con los procedimientos de GC/CC se podrían comparar estimaciones de cantidad de existencias, entradas de hojarasca, pérdidas por decaimiento, etc. con respecto a valores encontrados en la bibliografía o en otras publicaciones revisadas por pares. Cuando resulte posible, es también una *buen práctica*, comparar las estimaciones modelo contra mediciones de campo y otras fuentes de datos. Una verificación de GC/CC que se implementa fácilmente al modelizar sistemas, consiste en calcular un balance de masas interno para garantizar que el modelo no produzca ni pierda carbono que no haya sido declarado como fuente ni sumidero. Por ejemplo, los requisitos en cuanto a conservación de la masa señalan que las pérdidas de los depósitos de biomasa se contabilicen como entradas a los depósitos de DOM, se eliminen del ecosistema forestal o se liberen a la atmósfera (en caso de incendio). Más aun, los datos de cosecha se pueden utilizar para verificar las estimaciones de prevención de pérdidas producidas por los modelos. Un segundo procedimiento de GC/CC que se puede aplicar en países que utilicen métodos de estimación de niveles superiores es establecer límites superior e inferior para los depósitos de DOM estratificados por regiones, tipo de bosques y tipos de suelo (suelos orgánicos vs. suelos minerales). Todo valor declarado en los inventarios o estimado por modelos que esté fuera de tales límites se puede investigar con mayor profundidad.

4.4.4 Generación de informes y documentación

Los requisitos generales para la generación de informes y de documentación se establecen en el Volumen 1, Capítulo 8. En general, constituye una *buen práctica* archivar y documentar todos los datos y la información (como figuras, estadísticas, fuentes de hipótesis, métodos de modelización, análisis de incertidumbre, estudios de validación, métodos de inventario, experimentos de investigación, mediciones que surjan de estudios de campo *in situ*, protocolos asociados y otros datos básicos) aplicados para producir el inventario nacional de emisiones y absorciones. Se deberá declarar lo elaborado respecto a las definiciones de depósitos de carbono, así como las definiciones destinadas a determinar el alcance de las tierras gestionadas incluidas en el inventario, junto con prueba de que tales definiciones se han aplicado coherentemente durante el período en cuestión.

Es necesario contar con documentación para demostrar la exhaustividad, la coherencia de los datos de las series temporales y los métodos para interpolación entre muestras, métodos y años, y para recalcular y evitar el cómputo doble, así como para realizar GC/CC. A medida que los compiladores del inventario deciden ir avanzando hacia niveles superiores, cuyos métodos y datos de cálculo no se describen en este volumen ni se caracterizan por enfoques más desagregados, se requiere un mayor volumen de documentación para justificar el uso de metodologías más avanzadas y más exactas, parámetros definidos por país y mapas y conjuntos de datos de alta resolución. Sin embargo, en todos los niveles, se requiere explicación respecto a decisiones relativas a la elección de la metodología, los coeficientes y los datos de la actividad. El propósito es facilitar la reconstrucción de las estimaciones por parte de terceros independientes, aunque puede resultar poco práctico incluir toda la documentación necesaria en el informe nacional de inventario. Por lo tanto, el inventario debe incluir resúmenes de los métodos utilizados y referencias a las fuentes de datos, de modo que las estimaciones de emisiones resulten transparentes y que se puedan volver a rastrear las etapas adoptadas para su cálculo.

Factores de emisión: se deben citar las fuentes de emisión o los factores de absorción que se utilizaron (sean valores por defecto específicos del IPCC o de otro tipo). Si se emplearon factores de emisión específicos del país —o de la región— o forestales, y si se aplicaron nuevos métodos (que no sean los métodos por defecto del

IPCC), se debe describir y documentar la base científica de tales factores de emisión y métodos. Incluye definir los parámetros de entradas y describir el proceso mediante el cual se derivaron estos factores de emisión y métodos, así como describir las fuentes y las magnitudes de las incertidumbres. Los organismos a cargo del inventario que utilizan factores de emisión específicos del país deberán suministrar información respecto a la base sobre la cual se seleccionó un factor diferente, describir cómo se lo derivó, compararlo con otros factores de emisión publicados, explicar eventuales diferencias significativas e intentar fijar límites a la incertidumbre.

Datos de la actividad: se deben suministrar todas las fuentes de los datos de la actividad, tales como superficies, tipos y características del suelo y cubiertas vegetales, utilizados en los cálculos (es decir, citas completas de las bases de datos estadísticas de las que se obtuvieron los datos). Resulta útil hacer referencia a la «metadata» para las bases de datos, incluyendo información sobre fechas y frecuencia de la recopilación de datos, procedimientos de muestreo, procedimientos analíticos empleados para obtener las características del suelo y los mínimos cambios detectables del carbono orgánico, y estimaciones de exactitud y precisión. Cuando los datos de la actividad no se obtuvieron directamente de las bases de datos, se debe declarar la información y las hipótesis empleadas para derivar los datos de la actividad, así como las estimaciones de la incertidumbre relacionada con los datos de la actividad derivados. Esto se aplica, en particular, cuando se emplean procedimientos de ampliación a escala para derivar estimaciones a gran escala; en estos casos se deben describir los procedimientos estadísticos junto con la incertidumbre asociada.

Resultados de las simulaciones de modelos: si los organismos a cargo del inventario utilizaron salidas de datos de modelos en sus procedimientos de estimación, se deberá informar cuál fue la justificación lógica para la selección y el uso del modelo. Es una *buena práctica* suministrar citas completas de publicaciones revisadas por pares en las que se describa el modelo y se interpreten y validen los resultados de la modelización. Se debe suministrar información detallada a fin de que los revisores puedan determinar la validez del modelo, incluyendo el método de modelización general, las principales hipótesis del modelo, los datos de entrada y salida, los valores de los parámetros y los procedimientos de parametrización, los intervalos de confianza de las salidas de los modelos, y el resultado de todo análisis de sensibilidad realizado respecto a la salida. Además, se deberá archivar permanentemente el código fuente computarizado para los modelos para usar como futura referencia, así como todos los archivos de entrada y de salida.

Análisis de las emisiones: se debe explicar toda fluctuación significativa de las emisiones entre años. Se debe hacer una distinción entre los cambios en los niveles de actividad y los cambios de los coeficientes de emisión de año a año, y debe documentarse las razones de tales cambios. Si se emplean diferentes factores de emisión para los distintos años, se explican y se documentan las razones de tal proceder.

4.5 CUADROS

CUADRO 4.1					
DOMINIOS CLIMÁTICOS (FAO, 2001), REGIONES CLIMÁTICAS (CAPÍTULO 3) Y ZONAS ECOLÓGICAS (FAO, 2001)					
Dominio climático		Región climática	Zona ecológica		
Dominio	Criterios de dominio		Zona	Código	Criterios de zona
Tropical	todos los meses sin heladas; en zonas marinas, temperatura >18°C	Tropical, muy húmedo	Bosque tropical lluvioso	TAr	muy húmedo: ≤ 3 meses, durante el invierno
		Tropical, húmedo	Bosque tropical húmedo de hojas caducas	TAwa	principalmente muy húmedo: 3-5 meses seco, durante el invierno
		Tropical, seco	Bosque tropical seco	TAWb	principalmente seco: 5-8 meses seco, durante el invierno
			Arbustos tropicales	TBSH	semiárido: evaporación > precipitación
			Desierto tropical	TBWh	árido: todos los meses secos
		Tropical montano	Sistemas montañosos tropicales	TM	altitudes de aproximadamente > 1000 m, con variaciones locales
Subtropical	≥ 8 meses a temperatura >10°C	Templado cálido, húmedo	Bosque húmedo subtropical	SCf	húmedo: no hay estación seca
		Templado cálido, seco	Bosque seco subtropical	SCs	estacionalmente seco: lluvias invernales, verano seco
			Estepa subtropical	SBSH	semiárido: evaporación > precipitación
			Desierto subtropical	SBWh	árido: todos los meses secos
		Templado cálido húmedo o seco	Sistemas montañosos subtropicales	SM	Altitudes de aproximadamente 800 a 1000 m
Templado	≥ 4-8 meses a temperatura >10°C	Templado frío, húmedo	Bosque oceánico templado	TeDo	clima oceánico: mes más frío >0°C
			Bosque continental templado	TeDc	clima continental: mes más frío <0°C
		Frío templado, seco	Estepa templada	TeBSk	semiárido: evaporación > precipitación
			Desierto templado	TeBW _k	árido: todos los meses secos
		Templado frío húmedo o seco	Sistemas montañosos templados	TeM	altitudes de aproximadamente >800 m
Boreal	≤ 3 meses a temperatura >10°C	Boreal, húmedo	Bosque de coníferas boreal	Ba	bosque denso de coníferas dominantes
		Boreal, seco	Bosques de tundra boreal	Bb	bosque maderero y bosque de escasa vegetación dominantes
		Boreal húmedo o seco	Sistemas montañosos boreales	BM	altitudes de aproximadamente >600 m
Polar	todos los meses <10°C	Polar húmedo o seco	Polar	P	todos los meses <10°C
Dominio climático: Zona con un régimen de temperaturas relativamente homogéneo, equivalente a los grupos climáticos Köppen-Trewartha (Köppen, 1931). Región climática: Zonas de clima similar según lo definido en el Capítulo 3 para declaración de diferentes depósitos de carbono. Zona ecológica: Zona con diversas formaciones vegetales naturales, aunque relativamente homogéneas, que son similares pero no necesariamente idénticas en su fisonomía. Mes seco: Un mes en el que el total de precipitaciones (mm) ≤ 2 x Temperatura media (°C).					

CUADRO 4.2
CLASES DE BOSQUES Y COBERTURAS DE LA TIERRA

Clases de bosques y de coberturas de la tierra	Definición
Bosque	Tierras que se extienden a más de 0,5 hectáreas con árboles de más de 5 metros de altura y una cubierta forestal de más del 10 por ciento, o con árboles capaces de alcanzar estos umbrales <i>in situ</i>. No incluye tierras que estén predominantemente bajo uso agrícola ni tierras urbanas. Los bosques están determinados por la presencia de árboles y la ausencia de otros usos predominantes de la tierra. Los árboles deben tener la capacidad de alcanzar una altura mínima de 5 metros <i>in situ</i>. Las superficies bajo reforestación que aún no han alcanzado una cubierta forestal del 10 por ciento y árboles de 5 metros de altura pero que se espera que lo hagan también se incluyen, así como tierras temporalmente sin existencias, provocadas por la intervención humana o por causas naturales, que se espera que se regeneren. Incluyen: superficies con cañas y palmeras siempre que cumplan con los criterios de altura y cobertura forestal; caminos forestados, cortafuegos y otras pequeñas áreas abiertas; bosques en parques nacionales, reservas naturales y otras áreas protegidas, como las de interés específico científico, histórico, cultural o espiritual; cortafuegos, rompevientos y corredores de árboles con una superficie de más de 0,5 hectárea y un ancho de más de 20 metros; plantaciones utilizadas fundamentalmente con propósitos de forestación y de protección, tales como las plantaciones de árboles de caucho y arboledas de alcornoques. No incluyen: arboledas en sistemas de producción agrícola; por ejemplo, en plantaciones de frutales y sistemas agroforestales. También se excluyen los árboles de los parques y jardines urbanos.
Otras tierras boscosas	Tierras no clasificadas como «Bosques», que se extiendan por más de 0,5 hectáreas; con árboles de más de 5 metros de altura y una cobertura forestal del 5-10 por ciento, o árboles capaces de alcanzar estos umbrales <i>in situ</i>, o con una cobertura combinada de matas, arbustos y árboles de más del 10 por ciento. No incluye tierras que estén predominantemente bajo uso agrícola ni tierras urbanas.
Otras tierras	Todas las tierras no clasificadas como bosques u otras tierras boscosas. Incluyen: tierras agrícolas, praderas y pasturas, áreas edificadas, campo raso, etc.; áreas clasificadas bajo la subcategoría «Otras tierras con cobertura arbórea».
Otras tierras con cobertura arbórea	Tierras clasificadas como otras tierras, que se extiendan por más de 0,5 hectáreas con una cobertura forestal de más del 10 por ciento de árboles capaces de alcanzar una altura de 5 metros en su madurez. Incluyen: grupos de árboles y árboles dispersos en paisajes agrícolas, parques, jardines, y alrededor de edificaciones (siempre que se cumplan con los criterios de superficie, altura y cobertura forestal); plantaciones de árboles realizadas especialmente para otros propósitos que no sean la madera, tales como huertos de frutales y plantaciones de palmeras.
Fuente: FAO, 2006. Global Forest Resources Assessment 2005 – progress towards sustainable forest management. FAO Forestry Paper No. 147. Roma.	

CUADRO 4.3 FRACCIÓN DE CARBONO DE LA BIOMASA FORESTAL AÉREA			
Dominio	Parte del árbol	Fracción de carbono (CF) [ton C (d.m.)⁻¹]	Referencias
Valor por defecto	Todas	0,47	McGroddy <i>et al.</i> , 2004
Tropical y subtropical	Todas	0,47 (0,44 - 0,49)	Andreae y Merlet, 2001; Chambers <i>et al.</i> , 2001; McGroddy <i>et al.</i> , 2004; Lasco y Pulhin, 2003
	madera	0,49	Feldpausch <i>et al.</i> , 2004
	madera, árbol d < 10 cm	0,46	Hughes <i>et al.</i> , 2000
	madera, árbol d ≥ 10 cm	0,49	Hughes <i>et al.</i> , 2000
	follaje	0,47	Feldpausch <i>et al.</i> , 2004
	follaje, árbol d < 10 cm	0,43	Hughes <i>et al.</i> , 2000
	follaje, árbol d ≥ 10 cm	0,46	Hughes <i>et al.</i> , 2000
Templado y boreal	Todas	0,47 (0,47 - 0,49)	Andreae y Merlet, 2001; Gayoso <i>et al.</i> , 2002; Matthews, 1993; McGroddy <i>et al.</i> , 2004
	de hoja ancha	0,48 (0,46 - 0,50)	Lamlom y Savidge, 2003
	coníferas	0,51 (0,47 - 0,55)	Lamlom y Savidge, 2003

CUADRO 4.4
RELACIÓN BIOMASAS SUBTERRÁNEA / BIOMASA AÉREA (R)

Dominio	Zona ecológica	Biomasa aérea	R [ton raíz d.m. (ton d.m.)⁻¹]	Referencias
Tropical	Bosque tropical lluvioso		0,37	Fittkau y Klinge, 1973
	Bosque tropical húmedo de hojas caducas	biomasa aérea <125 ton há ⁻¹	0,20 (0,09 - 0,25)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		biomasa aérea >125 ton há ⁻¹	0,24 (0,22 - 0,33)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
	Bosque tropical seco	biomasa aérea <20 ton há ⁻¹	0,56 (0,28 - 0,68)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		biomasa aérea >20 ton há ⁻¹	0,28 (0,27 - 0,28)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
	Arbustos tropicales		0,40	Poupon, 1980
	Sistemas montañosos tropicales		0,27 (0,27 - 0,28)	Singh <i>et al.</i> , 1994
Subtropical	Bosque húmedo subtropical	biomasa aérea <125 ton há ⁻¹	0,20 (0,09 - 0,25)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		biomasa aérea >125 ton há ⁻¹	0,24 (0,22 - 0,33)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
	Bosque seco subtropical	biomasa aérea <20 ton há ⁻¹	0,56 (0,28 - 0,68)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		biomasa aérea >20 ton há ⁻¹	0,28 (0,27 - 0,28)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
	Estepa subtropical		0,32 (0,26 - 0,71)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
	Sistemas montañosos subtropicales		no se dispone de estimación	
Templado	Bosque oceánico templado, Bosque continental templado, Sistemas montañosos templados	biomasa aérea de coníferas <50 ton há ⁻¹	0,40 (0,21 - 1,06)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		biomasa aérea de coníferas 50-150 ton há ⁻¹	0,29 (0,24 - 0,50)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		biomasa aérea de coníferas >150 ton há ⁻¹	0,20 (0,12 - 0,49)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		biomasa aérea Quercus spp. >70 ton há ⁻¹	0,30 (0,20 - 1,16)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		biomasa aérea Eucaliptus spp. <50 ton há ⁻¹	0,44 (0,29 - 0,81)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		biomasa aérea Eucaliptus spp. 50-150 ton há ⁻¹	0,28 (0,15 - 0,81)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		biomasa aérea Eucaliptus spp. >150 ton há ⁻¹	0,20 (0,10 - 0,33)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		biomasa aérea otras de hoja ancha <75 ton há ⁻¹	0,46 (0,12 - 0,93)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		biomasa aérea otras de hoja ancha 75-150 ton há ⁻¹	0,23 (0,13 - 0,37)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
		biomasa aérea otras de hoja ancha >150 ton há ⁻¹	0,24 (0,17 - 0,44)	Mokany <i>et al.</i> , 2006
Boreal	Bosque de coníferas boreal, bosques de tundra boreal, sistemas montañosos boreales	biomasa aérea <75 ton há ⁻¹	0,39 (0,23 - 0,96)	Li <i>et al.</i> , 2003; Mokany <i>et al.</i> , 2006
		biomasa aérea >75 ton há ⁻¹	0,24 (0,15 - 0,37)	Li <i>et al.</i> , 2003; Mokany <i>et al.</i> , 2006

CUADRO 4.5
FACTORES DE CONVERSIÓN Y EXPANSIÓN DE BIOMASA POR DEFECTO (BCEF), TON BIOMASA (M³ DE MADERA)⁻¹

BCEF para la expansión del volumen de existencias venables en crecimiento a biomasa aérea (BCEF_S), para conversión del incremento anual neto (BCEF_I) y para la conversión del volumen de retirada de madera y madera combustible a retirada de biomasa aérea (BCEF_R)

Zona climática	Tipo de bosque	BCEF	Nivel de existencias en crecimiento (m ³)			
			<20	21-50	51-100	>100
Boreal	pinos	BCEF _S	1,2 (0,85-1,3)	0,68 (0,5-0,72)	0.57 (0.52-0.65)	0.5 (0.45-0.58)
		BCEF _I	0,47	0,46	0.46	0.463
		BCEF _R	1,33	0,75	0.63	0.55
	alerces	BCEF _S	1,22 (0,9-1,5)	0,78 (0,7-0,8)	0.77 (0.7-0.85)	0.77 (0.7-0.85)
		BCEF _I	0,9	0,75	0.77	0.77
		BCEF _R	1,35	0,87	0.85	0.85
	abetos y piceas	BCEF _S	1,16 (0,8-1,5)	0,66 (0,55-0,75)	0.58 (0.5-0.65)	0.53 (0.45-0.605)
		BCEF _I	0,55	0,47	0.47	0.464
		BCEF _R	1,29	0,73	0.64	0.59
	maderas duras	BCEF _S	0,9 (0,7-1,2)	0,7 (0,6-0,75)	0.62 (0.53-0.7)	0.55 (0.5-0.65)
		BCEF _I	0,65	0,54	0.52	0.505
		BCEF _R	1,0	0,77	0.69	0.61

CUADRO 4.5 (CONTINUACIÓN)
FACTORES DE CONVERSIÓN Y EXPANSIÓN DE BIOMASA POR DEFECTO (BCEF), TON BIOMASA (M³ DE MADERA)⁻¹

BCEF para la expansión del volumen de existencias venables en crecimiento a biomasa aérea (BCEF_S), para conversión del incremento anual neto (BCEF_I) y para la conversión del volumen de retirada de madera y madera combustible a retirada de biomasa aérea (BCEF_R)

Zona climática	Tipo de bosque	BCEF	Nivel de existencias en crecimiento (m ³)				
			<20	21-40	41-100	100 -200	>200
Templado	maderas duras	BCEF _S	3,0 (0,8-4,5)	1,7 (0,8-2,6)	1,4 (0,7-1,9)	1,05 (0,6-1,4)	0,8 (0,55-1,1)
		BCEF _I	1,5	1,3	0,9	0,6	0,48
		BCEF _R	3,33	1,89	1,55	1,17	0,89
	pinos	BCEF _S	1,8 (0,6 -2,4)	1,0 (0,65 -1,5)	0,75 (0,6-1,0)	0,7 (0,4-1,0)	0,7 (0,4-1,0)
		BCEF _I	1,5	0,75	0,6	0,67	0,69
		BCEF _R	2,0	1,11	0,83	0,77	0,77
	otras coníferas	BCEF _S	3,0 (0,7-4,0)	1,4 (0,5-2,5)	1,0 (0,5-1,4)	0,75 (0,4-1,2)	0,7 (0,35-0,9)
		BCEF _I	1,0	0,83	0,57	0,53	0,60
		BCEF _R	3,33	1,55	1,11	0,83	0,77
Mediterráneo, tropical seco, subtropical	maderas duras		<20	21-40	41-80	>80	
		BCEF _S	5,0 (2,0-8,0)	1,9 (1,0-2,6)	0,8 (0,6-1,4)	0,66 (0,4-0,9)	
		BCEF _I	1,5	0,5	0,55	0,66	
	coníferas	BCEF _R	5,55	2,11	0,89	0,73	
		BCEF _S	6,0 (3,0-8,0)	1,2 (0,5-2,0)	0,6 (0,4-0,9)	0,55 (0,4-0,7)	
		BCEF _I	1,5	0,4	0,45	0,54	
		BCEF _R	6,67	1,33	0,67	0,61	

CUADRO 4.5 (CONTINUACIÓN)
FACTORES DE CONVERSIÓN Y EXPANSIÓN DE BIOMASA POR DEFECTO (BCEF), TON BIOMASA (M³ DE MADERA)⁻¹

BCEF para la expansión del volumen de existencias venables en crecimiento a biomasa aérea (BCEF_S), para conversión del incremento anual neto (BCEF_I) y para la conversión del volumen de retirada de madera y madera combustible a retirada de biomasa aérea (BCEF_R)

Zona climática	Tipo de bosque	BCEF	Nivel de existencias en crecimiento (m ³)							
			<10	11-20	21-40	41-60	61-80	80-120	120-200	>200
Tropical húmedo	coníferas	BCEF _S	4,0 (3,0-6,0)	1,75 (1,4-2,4)	1,25 (1,0-1,5)	1,0 (0,8-1,2)	0,8 (0,7-1,2)	0,76 (0,6-1,0)	0,7 (0,6-0,9)	0,7 (0,6-0,9)
		BCEF _I	2,5	0,95	0,65	0,55	0,53	0,58	0,66	0,70
		BCEF _R	4,44	1,94	1,39	1,11	0,89	0,84	0,77	0,77
	bosques naturales	BCEF _S	9,0 (4,0-12,0)	4,0 (2,5-4,5)	2,8 (1,4-3,4)	2,05 (1,2-2,5)	1,7 (1,2-2,2)	1,5 (1,0-1,8)	1,3 (0,9-1,6)	0,95 (0,7-1,1)
		BCEF _I	4,5	1,6	1,1	0,93	0,9	0,87	0,86	0,85
		BCEF _R	10,0	4,44	3,11	2,28	1,89	1,67	1,44	1,05

Nota: Los valores inferiores de los rangos para BCEF_S se aplican si la definición de existencias en crecimiento incluye ramas, puntas de tallos y árboles dañados; los valores superiores se aplican si las ramas y las copas no son parte de las existencias en crecimiento, si los diámetros mínimos en la definición de existencias en crecimiento son grandes, si el volumen de lo inventariado está próximo al límite inferior o si las densidades básicas de la madera son relativamente altas. Se pueden encontrar gráficos continuos, formularios funcionales y actualizaciones con nuevos estudios en el sitio Web sobre cambios forestales y climáticos: <http://www.fao.org/forestry/>

Los BCEFs promedio de bosques no homogéneos deberán derivarse, en el grado en que sea posible, como promedios ponderados. Constituye una *buena práctica* justificar los factores elegidos. Para aplicar BCEF_I, es necesario contar con una estimación del promedio de existencias en crecimiento. Se la puede derivar de FRA 2005 en <http://www.fao.org/forestry/>

Los valores de BCEF_R se derivan dividiendo BCEF_S por 0,9

Fuentes: *Bosques boreales:* Alexeyev V.A. y R.A. Birdseye, 1998; Fang J. y Z.M. Wang, 2001; *bosques templados:* Fang J. *et al.*, 2001; Fukuda M. *et al.*, 2003; Schroeder P. *et al.*, 1997; Snowdon P. *et al.*, 2000; Smith J. *et al.*, 2002; Brown S., 1999; Schoene D. y A. Schulte, 1999; Smith J. *et al.*, 2004; *bosques mediterráneos:* Vayreda *et al.*, 2002; Gracia *et al.*, 2002; *bosques tropicales:* Brown S. *et al.*, 1989; Brown S. y A. Lugo, 1992; Brown S., 2002; Fang J.Y., 2001.

CUADRO 4.6
FACTORES DE EMISIÓN PARA SUELOS ORGÁNICOS DRENADOS EN BOSQUES GESTIONADOS

Clima	Factores de emisión (ton C há ⁻¹ año ⁻¹)	
	Valores	Rangos
Tropical	1,36	0,82 – 3,82
Templado	0,68	0,41 – 1,91
Boreal	0,16	0,08 – 1,09
Fuente: GPG-LULUCF, Cuadro 3.2.3		

CUADRO 4.7
BIOMASA AÉREA DE LOS BOSQUES

Dominio	Zona ecológica	Continente	Biomasa aérea (ton d.m. há ⁻¹)	Referencias
Tropical	Bosque tropical lluvioso	África	310 (130-510)	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur	300 (120-400)	Baker <i>et al.</i> , 2004a; Hughes <i>et al.</i> , 1999
		Asia (continental)	280 (120-680)	IPCC, 2003
		Asia (insular)	350 (280-520)	IPCC, 2003
	Bosque tropical húmedo de hojas caducas	África	260 (160-430)	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur	220 (210-280)	IPCC, 2003
		Asia (continental)	180 (10-560)	IPCC, 2003
		Asia (insular)	290	IPCC, 2003
	Bosque tropical seco	África	120 (120-130)	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur	210 (200-410)	IPCC, 2003
		Asia (continental)	130 (100-160)	IPCC, 2003
		Asia (insular)	160	IPCC, 2003
	Arbustos tropicales	África	70 (20-200)	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur	80 (40-90)	IPCC, 2003
		Asia (continental)	60	IPCC, 2003
		Asia (insular)	70	IPCC, 2003
	Sistemas montañosos tropicales	África	40-190	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur	60-230	IPCC, 2003
		Asia (continental)	50-220	IPCC, 2003
		Asia (insular)	50-360	IPCC, 2003
Subtropical	Bosque húmedo subtropical	América del Norte y del Sur	220 (210-280)	IPCC, 2003
		Asia (continental)	180 (10-560)	IPCC, 2003
		Asia (insular)	290	IPCC, 2003
	Bosque seco subtropical	África	140	Sebei <i>et al.</i> , 2001
		América del Norte y del Sur	210 (200-410)	IPCC, 2003
		Asia (continental)	130 (100-160)	IPCC, 2003
	Estepa subtropical	Asia (insular)	160	IPCC, 2003
		África	70 (20-200)	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur	80 (40-90)	IPCC, 2003
		Asia (continental)	60	IPCC, 2003
	Sistemas montañosos subtropicales	Asia (insular)	70	IPCC, 2003
		África	50	Montès <i>et al.</i> , 2002
		América del Norte y del Sur	60-230	IPCC, 2003
		Asia (continental)	50-220	IPCC, 2003
		Asia (insular)	50-360	IPCC, 2003

CUADRO 4.7 (CONTINUACIÓN) BIOMASA AÉREA DE LOS BOSQUES				
Dominio	Zona ecológica	Continente	Biomasa aérea (ton d.m. há ⁻¹)	Referencias
Templado	Bosque oceánico templado	Europa	120	-
		América del Norte	660 (80-1200)	Hessl <i>et al.</i> , 2004; Smithwick <i>et al.</i> , 2002
		Nueva Zelanda	360 (210-430)	Hall <i>et al.</i> , 2001
		América del Sur	180 (90-310)	Gayoso y Schlegel, 2003; Battles <i>et al.</i> , 2002
	Bosque continental templado	Asia, Europa (≤20 años)	20	IPCC, 2003
		Asia, Europa (>20 años)	120 (20-320)	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur (≤20 años)	60 (10-130)	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur (>20 años)	130 (50-200)	IPCC, 2003
	Sistemas montañosos templados	Asia, Europa (≤20 años)	100 (20-180)	IPCC, 2003
		Asia, Europa (>20 años)	130 (20-600)	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur (≤20 años)	50 (20-110)	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur (>20 años)	130 (40-280)	IPCC, 2003
Boreal	Bosque de coníferas boreal	Asia, Europa, América del Norte	10-90	Gower <i>et al.</i> , 2001
	Bosques de tundra boreal	Asia, Europa, América del Norte (≤20 años)	3-4	IPCC, 2003
		Asia, Europa, América del Norte (>20 años)	15-20	IPCC, 2003
	Sistemas montañosos boreales	Asia, Europa, América del Norte (≤20 años)	12-15	IPCC, 2003
		Asia, Europa, América del Norte (>20 años)	40-50	IPCC, 2003

CUADRO 4.8 BIOMASA AÉREA DE LAS PLANTACIONES FORESTALES				
Dominio	Zona ecológica	Continente	Biomasa aérea (ton d.m. há ⁻¹)	Referencias
Tropical	Bosque tropical lluvioso	África hoja ancha >20 años	300	IPCC, 2003
		África hoja ancha ≤20 años	100	IPCC, 2003
		África Pinus sp. >20 años	200	IPCC, 2003
		África Pinus sp. ≤20 años	60	IPCC, 2003
		América Eucalyptus sp.	200	IPCC, 2003
		América Pinus sp.	300	IPCC, 2003
		América Tectona grandis	240	Kraenzel <i>et al.</i> , 2003
		América otras de hoja ancha	150	IPCC, 2003
		Asia hoja ancha	220	IPCC, 2003
		Asia otras	130	IPCC, 2003
	Bosque tropical húmedo de hojas caducas	África hoja ancha >20 años	150	IPCC, 2003
		África hoja ancha ≤20 años	80	IPCC, 2003
		África Pinus sp. >20 años	120	IPCC, 2003
		África Pinus sp. ≤20 años	40	IPCC, 2003
		América Eucalyptus sp.	90	Stape <i>et al.</i> , 2004
		América Pinus sp.	270	IPCC, 2003
		América Tectona grandis	120	IPCC, 2003
		América otras de hoja ancha	100	IPCC, 2003
		Asia hoja ancha	180	IPCC, 2003
		Asia otras	100	IPCC, 2003

CUADRO 4.8 (CONTINUACIÓN)
BIOMASA AÉREA DE LAS PLANTACIONES FORESTALES

Dominio	Zona ecológica	Continente	Biomasa aérea (ton d.m. há ⁻¹)	Referencias
	Bosque tropical seco	África hoja ancha >20 años	70	IPCC, 2003
		África hoja ancha ≤20 años	30	IPCC, 2003
		África Pinus sp. >20 años	60	IPCC, 2003
		África Pinus sp. ≤20 años	20	IPCC, 2003
		América Eucalyptus sp.	90	Stape <i>et al.</i> , 2004
		América Pinus sp.	110	IPCC, 2003
		América Tectona grandis	90	IPCC, 2003
		América otras de hoja ancha	60	IPCC, 2003
		Asia hoja ancha	90	IPCC, 2003
		Asia otras	60	IPCC, 2003
	Arbustos tropicales	África hoja ancha	20	IPCC, 2003
		África Pinus sp. >20 años	20	IPCC, 2003
		África Pinus sp. ≤20 años	15	IPCC, 2003
		América Eucalyptus sp.	60	IPCC, 2003
		América Pinus sp.	60	IPCC, 2003
		América Tectona grandis	50	IPCC, 2003
		América otras de hoja ancha	30	IPCC, 2003
		Asia hoja ancha	40	IPCC, 2003
	Sistemas montañosos tropicales	Asia otras	30	IPCC, 2003
		África hoja ancha >20 años	60-150	IPCC, 2003
		África hoja ancha ≤20 años	40-100	IPCC, 2003
		África Pinus sp. >20 años	30-100	IPCC, 2003
		África Pinus sp. ≤20 años	10-40	IPCC, 2003
		América Eucalyptus sp.	30-120	IPCC, 2003
		América Pinus sp.	60-170	IPCC, 2003
		América Tectona grandis	30-130	IPCC, 2003
		América otras de hoja ancha	30-80	IPCC, 2003
		Asia hoja ancha	40-150	IPCC, 2003
Subtropical	Bosque húmedo subtropical	Asia otras	25-80	IPCC, 2003
		América Eucalyptus sp.	140	IPCC, 2003
		América Pinus sp.	270	IPCC, 2003
		América Tectona grandis	120	IPCC, 2003
		América otras de hoja ancha	100	IPCC, 2003
	Bosque seco subtropical	Asia hoja ancha	180	IPCC, 2003
		Asia otras	100	IPCC, 2003
		África hoja ancha >20 años	70	IPCC, 2003
		África hoja ancha ≤20 años	30	IPCC, 2003
		África Pinus sp. >20 años	60	IPCC, 2003
		África Pinus sp. ≤20 años	20	IPCC, 2003
		América Eucalyptus sp.	110	IPCC, 2003
		América Pinus sp.	110	IPCC, 2003
		América Tectona grandis	90	IPCC, 2003
		América otras de hoja ancha	60	IPCC, 2003
		Asia hoja ancha	90	IPCC, 2003
		Asia otras	60	IPCC, 2003

CUADRO 4.8 (CONTINUACIÓN)				
BIOMASA AÉREA DE LAS PLANTACIONES FORESTALES				
Dominio	Zona ecológica	Continente	Biomasa aérea (ton d.m. há ⁻¹)	Referencias
	Estepa subtropical	África hoja ancha	20	IPCC, 2003
		África Pinus sp. >20 años	20	IPCC, 2003
		África Pinus sp. ≤20 años	15	IPCC, 2003
		América Eucalyptus sp.	60	IPCC, 2003
		América Pinus sp.	60	IPCC, 2003
		América Tectona grandis	50	IPCC, 2003
		América otras de hoja ancha	30	IPCC, 2003
		Asia hoja ancha >20 años	80	IPCC, 2003
		Asia hoja ancha ≤20 años	10	IPCC, 2003
		Asia coníferas >20 años	20	IPCC, 2003
	Sistemas montañosos subtropicales	Asia coníferas ≤20 años	100-120	IPCC, 2003
		África hoja ancha >20 años	60-150	IPCC, 2003
		África hoja ancha ≤20 años	40-100	IPCC, 2003
		África Pinus sp. >20 años	30-100	IPCC, 2003
		África Pinus sp. ≤20 años	10-40	IPCC, 2003
		América Eucalyptus sp.	30-120	IPCC, 2003
		América Pinus sp.	60-170	IPCC, 2003
		América Tectona grandis	30-130	IPCC, 2003
		América otras de hoja ancha	30-80	IPCC, 2003
		Asia hoja ancha	40-150	IPCC, 2003
Templado	Bosque oceánico templado	Asia, Europa >20 años	200	IPCC, 2003
		Asia, Europa, hoja ancha ≤20 años	30	IPCC, 2003
		Asia, Europa, coníferas >20 años	150-250	IPCC, 2003
		Asia, Europa, coníferas ≤20 años	40	IPCC, 2003
		América del Norte	50-300	IPCC, 2003
		Nueva Zelanda	150-350	Hinds y Reid, 1957; Hall y Hollinger, 1997; Hall, 2001
	Bosque continental	América del Sur	90-120	IPCC, 2003
		Asia, Europa >20 años	200	IPCC, 2003
		Asia, Europa, hoja ancha ≤20 años	15	IPCC, 2003
		Asia, Europa, coníferas >20 años	150-200	IPCC, 2003
		Asia, Europa, coníferas ≤20 años	25-30	IPCC, 2003
		América del Norte	50-300	IPCC, 2003
Boreal	Bosque coníferas y	América del Sur	90-120	IPCC, 2003
		Asia, Europa >20 años	40	IPCC, 2003
		Asia, Europa ≤20 años	5	IPCC, 2003
	Bosques de tundra boreal	América del Norte	40-50	IPCC, 2003
		Asia, Europa >20 años	25	IPCC, 2003
		Asia, Europa ≤20 años	5	IPCC, 2003
		América del Norte	25	IPCC, 2003

CUADRO 4.9
CRECIMIENTO NETO DE LA BIOMASA AÉREA EN BOSQUES NATURALES

Dominio	Zona ecológica	Continente	Crecimiento de la biomasa aérea (ton d.m. há ⁻¹ año ⁻¹)	Referencia
Tropical	Bosque tropical lluvioso	África (≤20 años)	10	IPCC, 2003
		África (>20 años)	3,1 (2,3-3,8)	IPCC, 2003
		América del Norte	0,9-18	Clark <i>et al.</i> , 2003 ; Hughes <i>et al.</i> , 1999
		América del Sur (≤20 años)	11	Feldpausch <i>et al.</i> , 2004
		América del Sur (>20 años)	3,1 (1,5-5,5)	Malhi <i>et al.</i> , 2004
		Asia (continental) ≤20 años	7,0 (3,0-11,0)	IPCC, 2003
		Asia (continental) >20 años	2,2 (1,3-3,0)	IPCC, 2003
		Asia (insular ≤20 años)	13	IPCC, 2003
		Asia (insular >20 años)	3,4	IPCC, 2003
	Bosque tropical húmedo de hojas caducas	África (≤20 años)	5	Harmand <i>et al.</i> , 2004
		África (>20 años)	1,3	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur (≤20 años)	7,0	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur (>20 años)	2,0	IPCC, 2003
		Asia (continental) ≤20 años	9,0	IPCC, 2003
		Asia (continental) >20 años	2,0	IPCC, 2003
		Asia (insular ≤20 años)	11	IPCC, 2003
		Asia (insular >20 años)	3,0	IPCC, 2003
	Bosque tropical seco	África (≤20 años)	2,4 (2,3-2,5)	IPCC, 2003
		África (>20 años)	1,8 (0,6-3,0)	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur (≤20 años)	4,0	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur (>20 años)	1,0	IPCC, 2003
		Asia (continental) ≤20 años	6,0	IPCC, 2003
		Asia (continental) >20 años	1,5	IPCC, 2003
		Asia (insular ≤20 años)	7,0	IPCC, 2003
		Asia (insular >20 años)	2,0	IPCC, 2003
	Arbustos tropicales	África (≤20 años)	0,2-0,7	Nygård <i>et al.</i> , 2004
		África (>20 años)	0,9 (0,2-1,6)	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur (≤20 años)	4,0	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur (>20 años)	1,0	IPCC, 2003
		Asia (continental) ≤20 años	5,0	IPCC, 2003
		Asia (continental) >20 años	1,3 (1,0-2,2)	IPCC, 2003
		Asia (insular ≤20 años)	2,0	IPCC, 2003
		Asia (insular >20 años)	1,0	IPCC, 2003
	Sistemas montañosos tropicales	África (≤20 años)	2,0-5,0	IPCC, 2003
		África (>20 años)	1,0-1,5	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur (≤20 años)	1,8-5,0	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur (>20 años)	0,4-1,4	IPCC, 2003
		Asia (continental) ≤20 años	1,0-5,0	IPCC, 2003
		Asia (continental) >20 años	0,5-1,0	IPCC, 2003
		Asia (insular ≤20 años)	3,0-12	IPCC, 2003
		Asia (insular >20 años)	1,0-3,0	IPCC, 2003
Subtropical	Bosque húmedo subtropical	América del Norte y del Sur (≤20 años)	7,0	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur (>20 años)	2,0	IPCC, 2003
		Asia (continental) ≤20 años	9,0	IPCC, 2003
		Asia (continental) >20 años	2,0	IPCC, 2003
		Asia (insular ≤20 años)	11	IPCC, 2003
		Asia (insular >20 años)	3,0	IPCC, 2003
	Bosque seco subtropical	África (≤20 años)	2,4 (2,3-2,5)	IPCC, 2003
		África (>20 años)	1,8 (0,6-3,0)	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur (≤20 años)	4,0	IPCC, 2003

CUADRO 4.9 (CONTINUACIÓN)
CRECIMIENTO NETO DE LA BIOMASA AÉREA EN BOSQUES NATURALES

Dominio	Zona ecológica	Continente	Crecimiento de la biomasa aérea (ton d.m. há ⁻¹ año ⁻¹)	Referencia
		América del Norte y del Sur (>20 años)	1,0	IPCC, 2003
		Asia (continental) ≤20 años	6,0	IPCC, 2003
		Asia (continental) >20 años	1,5	IPCC, 2003
		Asia (insular ≤20 años)	7,0	IPCC, 2003
		Asia (insular >20 años)	2,0	IPCC, 2003
	Estepa subtropical	África (≤20 años)	1,2 (0,8-1,5)	IPCC, 2003
		África (>20 años)	0,9 (0,2-1,6)	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur (≤20 años)	4,0	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur (>20 años)	1,0	IPCC, 2003
		Asia (continental) ≤20 años	5,0	IPCC, 2003
		Asia (continental) >20 años	1,3 (1,0-2,2)	IPCC, 2003
		Asia (insular ≤20 años)	2,0	IPCC, 2003
		Asia (insular >20 años)	1,0	IPCC, 2003
	Sistemas montañosos subtropicales	África (≤20 años)	2,0-5,0	IPCC, 2003
		África (>20 años)	1,0-1,5	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur (≤20 años)	1,8-5,0	IPCC, 2003
		América del Norte y del Sur (>20 años)	0,4-1,4	IPCC, 2003
		Asia (continental) ≤20 años	1,0-5,0	IPCC, 2003
		Asia (continental) >20 años	0,5-1,0	IPCC, 2003
		Asia (insular ≤20 años)	3,0-12	IPCC, 2003
		Asia (insular >20 años)	1,0-3,0	IPCC, 2003
Templado	Bosque oceánico templado	Europa	2,3	
		América del Norte	15 (1,2-105)	Hessl <i>et al.</i> , 2004
		Nueva Zelanda	3,5 (3,2-3,8)	Coomes <i>et al.</i> , 2002
		América del Sur	2,4-8,9	Echevarría y Lara, 2004
	Bosque continental templado	Asia, Europa, América del Norte (≤20 años)	4,0 (0,5-8,0)	IPCC, 2003
		Asia, Europa, América del Norte (>20 años)	4,0 (0,5-7,5)	IPCC, 2003
	Sistemas montañosos templados	Asia, Europa, América del Norte	3,0 (0,5-6,0)	IPCC, 2003
Boreal	Bosque de coníferas boreal	Asia, Europa, América del Norte	0,1-2,1	Gower <i>et al.</i> , 2001
	Bosques de tundra boreal	Asia, Europa, América del Norte	0,4 (0,2-0,5)	IPCC, 2003
	Sistemas montañosos boreales	Asia, Europa, América del Norte (≤20 años)	1,0-1,1	IPCC, 2003
		Asia, Europa, América del Norte (>20 años)	1,1-1,5	IPCC, 2003

CUADRO 4.10 CRECIMIENTO NETO DE LA BIOMASA AÉREA EN PLANTACIONES FORESTALES TROPICALES Y SUBTROPICALES				
Dominio	Zona ecológica	Continente	Crecimiento de la biomasa aérea (ton d.m. há ⁻¹ año ⁻¹)	Referencias
Tropical	Bosque tropical lluvioso	África Pinus sp. ≤20 años	20	IPCC, 2003
		África otros ≤20 años	6 (5-8)	IPCC, 2003
		América Eucalyptus sp.	20 (6-40)	IPCC, 2003
		América Pinus sp.	20	IPCC, 2003
		América Tectona grandis	15	IPCC, 2003
		América otras de hoja ancha	20 (5-35)	IPCC, 2003
		Asia Eucalyptus sp.	5 (4-8)	IPCC, 2003
		Asia otras	5 (2-8)	IPCC, 2003
	Bosque tropical húmedo de hojas caducas	África Eucalyptus sp. >20 años	25	IPCC, 2003
		África Eucalyptus sp. ≤20 años	20	IPCC, 2003
		África Pinus sp. >20 años	15	IPCC, 2003
		África Pinus sp. ≤20 años	10	IPCC, 2003
		África otros ≤20 años	9 (3-15)	IPCC, 2003
		América Eucalyptus sp.	16	Stape <i>et al.</i> , 2004
		América Pinus sp.	7 (4-10)	IPCC, 2003
		América Tectona grandis	8 (4-12)	IPCC, 2003
		América otras de hoja ancha	6-20	Lugo <i>et al.</i> , 1990
		Asia	8	IPCC, 2003
	Bosque tropical seco	África Eucalyptus sp. ≤20 años	13	IPCC, 2003
		África Pinus sp. >20 años	10	IPCC, 2003
		África Pinus sp. ≤20 años	8	IPCC, 2003
		África otros ≤20 años	10 (4-20)	IPCC, 2003
		América Eucalyptus sp.	20 (6-30)	IPCC, 2003
		América Pinus sp.	7 (4-10)	IPCC, 2003
		América Tectona grandis	8 (4-12)	IPCC, 2003
		América otras de hoja ancha	10 (3-12)	IPCC, 2003
		Asia Eucalyptus sp.	15 (5-25)	IPCC, 2003
		Asia otras	7 (2-13)	IPCC, 2003
	Arbustos tropicales	África Eucalyptus sp. >20 años	8 (5-14)	IPCC, 2003
		África Eucalyptus sp. ≤20 años	5 (3-7)	IPCC, 2003
		África Pinus sp. >20 años	2.5	IPCC, 2003
		África Pinus sp. ≤20 años	3 (0.5-6)	IPCC, 2003
		África otros >20 años	10	IPCC, 2003
		África otros ≤20 años	15	IPCC, 2003
		América Eucalyptus sp.	20	IPCC, 2003
		América Pinus sp.	5	IPCC, 2003
		Asia	6 (1-12)	IPCC, 2003
	Sistemas montañosos tropicales	África	10	IPCC, 2003
		América Eucalyptus sp.	10 (8-18)	IPCC, 2003
		América Pinus sp.	10	IPCC, 2003
		América Tectona grandis	2	IPCC, 2003
		América otras de hoja ancha	4	IPCC, 2003
		Asia Eucalyptus sp.	3	IPCC, 2003
		Asia otras	5 (1-10)	IPCC, 2003
	Subtropical	América Eucalyptus sp.	20 (6-32)	IPCC, 2003
		América Pinus sp.	7 (4-10)	IPCC, 2003
		América Tectona grandis	8 (4-12)	IPCC, 2003
		América otras de hoja ancha	10 (3-12)	IPCC, 2003
		Asia	8	IPCC, 2003
		África Eucalyptus sp. ≤20 años	13	IPCC, 2003
		África Pinus sp. >20 años	10	IPCC, 2003
		África Pinus sp. ≤20 años	8	IPCC, 2003
		África otros ≤20 años	10 (4-20)	IPCC, 2003
		América Eucalyptus sp.	20 (6-30)	IPCC, 2003
		América Pinus sp.	7 (4-10)	IPCC, 2003
		América Tectona grandis	8 (4-12)	IPCC, 2003
		América otras de hoja ancha	10 (3-12)	IPCC, 2003
		Asia Eucalyptus sp.	15 (5-25)	IPCC, 2003
		Asia otras	7 (2-13)	IPCC, 2003
	Bosque húmedo subtropical	América Eucalyptus sp.	20 (6-32)	IPCC, 2003
		América Pinus sp.		7 (4-10)	IPCC, 2003
		América Tectona grandis		8 (4-12)	IPCC, 2003
		América otras de hoja ancha		10 (3-12)	IPCC, 2003
		Asia		8	IPCC, 2003
	Bosque seco subtropical	África Eucalyptus sp. ≤20 años	13	IPCC, 2003
		África Pinus sp. >20 años	10	IPCC, 2003
		África Pinus sp. ≤20 años	8	IPCC, 2003
		África otros ≤20 años	10 (4-20)	IPCC, 2003
		América Eucalyptus sp.	20 (6-30)	IPCC, 2003
		América Pinus sp.	7 (4-10)	IPCC, 2003
		América Tectona grandis	8 (4-12)	IPCC, 2003
		América otras de hoja ancha	10 (3-12)	IPCC, 2003

CUADRO 4.10 (CONTINUACIÓN)				
CRECIMIENTO NETO DE LA BIOMASA AÉREA EN PLANTACIONES FORESTALES TROPICALES Y SUBTROPICALES				
Dominio	Zona ecológica	Continente	Crecimiento de la biomasa aérea (ton d.m. há ⁻¹ año ⁻¹)	Referencias
	Estepa subtropical	África Eucalyptus sp. >20 años	8 (5-14)	IPCC, 2003
		África Eucalyptus sp. ≤20 años	5 (3-7)	IPCC, 2003
		África Pinus sp. >20 años	2.5	IPCC, 2003
		África Pinus sp. ≤20 años	3 (0.5-6)	IPCC, 2003
		África otros >20 años	10	IPCC, 2003
		África otros ≤20 años	15	IPCC, 2003
		América Eucalyptus sp.	20	IPCC, 2003
		América Pinus sp.	5	IPCC, 2003
	Sistemas montañosos subtropicales	Asia	6 (1-12)	IPCC, 2003
		África	10	IPCC, 2003
		América Eucalyptus sp.	10 (8-18)	IPCC, 2003
		América Pinus sp.	10	IPCC, 2003
		América Tectona grandis	2	IPCC, 2003
		América otras de hoja ancha	4	IPCC, 2003
		Asia Eucalyptus sp.	3	IPCC, 2003
		Asia otras	5 (1-10)	IPCC, 2003
Templado	Bosque oceánico templado	Asia, Europa hoja ancha >20 años	-	-
		Asia, Europa, hoja ancha ≤20 años	-	-
		Asia, Europa, coníferas >20 años	-	-
		Asia, Europa, coníferas ≤20 años	-	-
		América del Norte	-	-
		Nueva Zelanda	-	-
	Bosque continental	América del Sur	-	-
		Asia, Europa hoja ancha >20 años	-	-
		Asia, Europa, hoja ancha ≤20 años	-	-
		Asia, Europa, coníferas >20 años	-	-
		Asia, Europa, coníferas ≤20 años	-	-
		América del Norte	-	-
		América del Sur	-	-
Boreal	Bosque coníferas y	Asia, Europa >20 años	-	-
		Asia, Europa ≤20 años	-	-
		América del Norte	-	-
	Bosques de tundra boreal	Asia, Europa >20 años	-	-
		Asia, Europa ≤20 años	-	-
		América del Norte	-	-

CUADRO 4.11A CRECIMIENTO NETO DEL VOLUMEN AÉREO DE CIERTAS ESPECIES DE PLANTACIONES FORESTALES	
Especies arbóreas	Crecimiento neto del volumen aéreo (m³ há⁻¹ año⁻¹)
Acacia auriculiformis	6 - 20
Acacia mearnsii	14 - 25
Araucaria angustifolia	8 - 24
Araucaria cunninghamii	10 - 18
Casuarina equisetifolia	6 - 20
Casuarina junghuhniana	7 - 11
Cordia alliodora	10 - 20
Cupressus lusitanica	8 - 40
Dalbergia sissoo	5 - 8
Eucalyptus camaldulensis	15 - 30
Eucalyptus deglupta	14 - 50
Eucalyptus globulus	10 - 40
Eucalyptus grandis	15 - 50
Eucalyptus robusta	10 - 40
Eucalyptus saligna	10 - 55
Eucalyptus urophylla	20 - 60
Gmelina arborea	12 - 50
Leucaena leucocephala	30 - 55
Pinus caribaea v. caribaea	10 - 28
Pinus caribaea v. hondurensis	20 - 50
Pinus oocarpa	10 - 40
Pinus patula	8 - 40
Pinus radiata	10 - 50
Swietenia macrophylla	7 - 30
Tectona grandis	6 - 18
Terminalia ivorensis	8 - 17
Terminalia superba	10 - 14
Fuente: Ugalde y Pérez, 2001	

CUADRO 4.11B INCREMENTO ANUAL MEDIO (CRECIMIENTO DEL VOLUMEN VENABLE) DE ALGUNAS ESPECIES DE PLANTACIONES FORESALES			
Tipo/región de bosque plantado	Especies arbóreas	Incremento anual medio (MAI) por la rotación (ton d.m. há ⁻¹ año ⁻¹)	
		MAI mín.	MAI máx.
Plantaciones productivas			
África	Acacia mellifera	2,2	4,0
	Acacia nilotica	15,0	20,0
	Acacia senegal	1,4	2,6
	Acacia seyal	2,0	6,0
	Ailanthus excelsa	6,6	9,4
	Bamboo bamboo	5,0	7,5
	Cupressus spp.	15,0	24,0
	Eucalyptus spp.	12,0	14,0
	Khaya spp.	8,5	12,0
	Tectona grandis	2,5	3,5
Asia	Eucalyptus camaldulensis	21,0	43,0
	Pinus spp.	4,0	15,0
América del Sur	Tectona grandis	7,3	17,3
	Xylia xylocapa	3,0	8,8
	Acacia spp.	15,0	30,0
	Araucaria angustifolia	15,0	30,0
	Eucalyptus spp.	20,0	70,0
	Hevea brasiliensis	10,0	20,0
	Mimosa scabrella	10,0	25,0
	Pinus spp.	25,0	40,0
	Populus spp.	10,0	30,0
	Tectona grandis	15,0	35,0
Bosques productivos seminaturales			
África	Acacia albida	4,0	6,1
	Acacia mellifera	1,9	3,5
	Acacia nilotica	12,5	20,0
	Acacia senegal	1,1	2,4
	Acacia seyal	1,8	3,2
	Acacia tortilis	1,2	3,7
	Acacia tortilis var siprocarpa	1,5	2,4
	Balanites aegyptiaca	1,2	1,5
	Sclerocarya birrea	1,5	1,7
	Ziziphus mauritiana	0,9	1,0
Plantaciones protectoras			
África	Acacia mellifera	2,0	6,0
	Acacia nilotica	13,0	21,0
	Acacia senegal	1,4	2,8
	Acacia seyal	1,9	4,3
	Ailanthus spp.	6,0	12,0
	Bamboo bamboo	4,0	8,0
	Cupressus spp.	14,0	20,0
	Eucalyptus spp.	10,0	14,0
	Khaya spp.	7,0	16,0
	Tectona grandis	5,0	8,0

CUADRO 4.11B (CONTINUACIÓN)			
INCREMENTO ANUAL MEDIO (CRECIMIENTO DEL VOLUMEN VENABLE) DE CIERTAS ESPECIES DE PLANTACIONES FORESTALES			
Tipo/región de bosque plantado	Especies arbóreas	Incremento anual medio (MAI) por la rotación (ton d.m. há ⁻¹ año ⁻¹)	
		MAI mín.	MAI máx.
Plantaciones protectoras seminaturales			
África	Acacia albida	4,0	6,2
	Acacia mellifera	1,7	3,2
	Acacia nilotica	12,0	15,0
	Acacia senegal	1,1	2,4
	Acacia seyal	1,8	3,3
	Acacia tortilis	1,3	3,5
	Acacia tortilis var siprocarpa	1,6	2,4
	Balanites aegyptiaca	1,2	1,5
	Sclerocarya birrea	1,5	1,7
	Ziziphus mauritiana	0,9	1,0
Fuente: FAO en http://www.fao.org/forestry/			

CUADRO 4.12 VALORES ESTIMADOS DE BIOMASA EN EL NIVEL 1 A PARTIR DE LOS CUADROS 4.7 A 4.11 (A EXCEPCIÓN DEL CUADRO 4.11B) (LOS VALORES SON APROXIMADOS; ÚSENSE SOLAMENTE PARA EL NIVEL 1)					
Dominio climático	Zona ecológica	Biomasa aérea en bosques naturales (ton d.m. há ⁻¹)	Biomasa aérea de las plantaciones forestales (ton d.m. há ⁻¹)	Crecimiento neto de la biomasa aérea en bosques naturales (ton d.m. há ⁻¹ año ⁻¹)	Crecimiento neto de la biomasa aérea en plantaciones naturales (ton d.m. há ⁻¹ año ⁻¹)
Tropical	Bosque tropical lluvioso	300	150	7,0	15,0
	Bosque tropical húmedo de hojas caducas	180	120	5,0	10,0
	Bosque tropical seco	130	60	2,4	8,0
	Arbustos tropicales	70	30	1,0	5,0
	Sistemas montañosos tropicales	140	90	1,0	5,0
Subtropical	Bosque húmedo subtropical	220	140	5,0	10,0
	Bosque seco subtropical	130	60	2,4	8,0
	Estepa subtropical	70	30	1,0	5,0
	Sistemas montañosos subtropicales	140	90	1,0	5,0
Templado	Bosque oceánico templado	180	160	4,4	4,4
	Bosque continental templado	120	100	4,0	4,0
	Sistemas montañosos templados	100	100	3,0	3,0
Boreal	Bosque de coníferas boreal	50	40	1,0	1,0
	Bosques de tundra boreal	15	15	0,4	0,4
	Sistemas montañosos boreales	30	30	1,0	1,0

CUADRO 4.13 DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA (D) DE ESPECIES DE ÁRBOLES TROPICALES (TON SECADO EN HORNO (HUMEDAD M⁻³))1 = Baker *et al.*, 2004b; 2 = Barbosa y Fearnside, 2004; 3 = CTFT, 1989; 4 = Fearnside, 1997; 5 = Reyes *et al.*, 1992

Especies	Densidad	Continente	Referencia
<i>Adina cordifolia</i>	0,58-0,59	Asia	5
<i>Aegle marmelo</i>	0,75	Asia	5
<i>Afzelia bipidensis</i>	0,67-0,79	África	3
<i>Agathis sp.</i>	0,44	Asia	5
<i>Aglaia llanosiana</i>	0,89	Asia	5
<i>Agonandra brasiliensis</i>	0,74	América	4
<i>Aidia ochroleuca</i>	0,78	África	5
<i>Alangium longiflorum</i>	0,65	Asia	5
<i>Albizia sp.</i>	0,52	América	5
<i>Albizzia amara</i>	0,70	Asia	5
<i>Albizzia falcata</i>	0,25	Asia	5
<i>Alcornea sp.</i>	0,34	América	5
<i>Aldina heterophylla</i>	0,73	América	4
<i>Aleurites trisperma</i>	0,43	Asia	5
<i>Alexa grandiflora</i>	0,59	América	4
<i>Alexa imperatricis</i>	0,52	América	4
<i>Allophylus Africanus</i>	0,45	África	5
<i>Alnus ferruginea</i>	0,38	América	5
<i>Alnus japonica</i>	0,43	Asia	5
<i>Alphitonia zizyphoides</i>	0,50	Asia	5
<i>Alphonsea arborea</i>	0,69	Asia	5
<i>Alseodaphne longipes</i>	0,49	Asia	5
<i>Alstonia congensis</i>	0,33	África	5
<i>Amburana cearensis</i>	0,43	América	1
<i>Amoora sp.</i>	0,60	Asia	5
<i>Amphimas pterocarpoides</i>	0,63	África	5
<i>Anacardium excelsum</i>	0,41	América	4
<i>Anacardium giganteum</i>	0,44	América	4
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	0,86	América	4
<i>Andira inermis</i>	0,64	América	4
<i>Andira parviflora</i>	0,69	América	4
<i>Andira retusa</i>	0,67	América	5
<i>Aniba amazonica</i>	0,52-0,56	América	1
<i>Aniba canelilla</i>	0,92	América	4
<i>Aningeria robusta</i>	0,44-0,53	África	3
<i>Anisophyllea obtusifolia</i>	0,63	África	5
<i>Anisophyllea zeylanica</i>	0,46	Asia	5
<i>Anisoptera sp.</i>	0,54	Asia	5
<i>Annonidium mannii</i>	0,29	África	5
<i>Anogeissus latifolia</i>	0,78-0,79	Asia	5
<i>Anopyxis klaineana</i>	0,74	África	5
<i>Anthocephalus chinensis</i>	0,33-0,36	Asia	5
<i>Anthocleista keniensis</i>	0,50	África	5
<i>Anthothona macrophylla</i>	0,78	África	5
<i>Anthostemma aubryanum</i>	0,32	África	5
<i>Antiaris africana</i>	0,38	América	5
<i>Antiaris sp.</i>	0,38	África	5
<i>Antidesma pleuricum</i>	0,59	Asia	5
<i>Antrocaryon klaineum</i>	0,50	África	5
<i>Apeiba aspera</i>	0,28	América	1
<i>Apeiba echinata</i>	0,36	América	5
<i>Apeiba peioma</i>	0,20	América	4
<i>Aphanamiris perrottetiana</i>	0,52	Asia	5
<i>Apuleia leiocarpa</i>	0,70	América	1
<i>Apuleia molaris</i>	0,76	América	4
<i>Araucaria bidwillii</i>	0,43	Asia	5
<i>Ardisia cubana</i>	0,62	América	1
<i>Artocarpus communis</i>	0,70	América	5

CUADRO 4.13 DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA (D) DE ESPECIES DE ÁRBOLES TROPICALES (TON SECADO EN HORNO (HUMEDAD M⁻³))1 = Baker *et al.*, 2004b; 2 = Barbosa y Fearnside, 2004; 3 = CTFT, 1989; 4 = Fearnside, 1997; 5 = Reyes *et al.*, 1992

Especies	Densidad	Continente	Referencia
<i>Artocarpus sp.</i>	0,58	Asia	5
<i>Aspidosperma album</i>	0,76	América	4
<i>Aspidosperma macrocarpon</i>	0,67	América	1
<i>Aspidosperma obscurinervium</i>	0,86	América	4
<i>Astronium gracile</i>	0,73	América	4
<i>Astronium graveolens</i>	0,75	América	4
<i>Astronium lecontei</i>	0,73	América	5
<i>Astronium ulei</i>	0,71	América	4
<i>Astronium urundeuva</i>	1,21	América	4
<i>Aucoumea klaineana</i>	0,31-0,48	África	3
<i>Autranella congolensis</i>	0,78	África	5
<i>Azadirachta sp.</i>	0,52	Asia	5
<i>Bagassa guianensis</i>	0,69	América	4
<i>Baillonella toxisperma</i>	0,70	África	3
<i>Balanites aegyptiaca</i>	0,63	África	5
<i>Balanocarpus sp.</i>	0,76	Asia	5
<i>Banara guianensis</i>	0,61	América	5
<i>Baphia kirkii</i>	0,93	África	5
<i>Barringtonia edulis</i>	0,48	Asia	5
<i>Basiloxylon excelsum</i>	0,58	América	5
<i>Bauhinia sp.</i>	0,67	Asia	5
<i>Beilschmiedia louisii</i>	0,70	África	5
<i>Beilschmiedia nitida</i>	0,50	África	5
<i>Beilschmiedia sp.</i>	0,61	América	5
<i>Beilschmiedia tawa</i>	0,58	Asia	5
<i>Berlinia sp.</i>	0,58	África	5
<i>Berrya cordifolia</i>	0,78	Asia	5
<i>Bertholletia excelsa</i>	0,62	América	4
<i>Bischofia javanica</i>	0,54-0,62	Asia	5
<i>Bixa arborea</i>	0,32	América	4
<i>Bleasdalea vitiensis</i>	0,43	Asia	5
<i>Blighia welwitschii</i>	0,74	África	5
<i>Bocoa sp.</i>	0,42	América	1
<i>Bombacopsis quinata</i>	0,39	América	1
<i>Bombacopsis sepium</i>	0,39	América	5
<i>Bombax costatum</i>	0,35	África	3
<i>Bombax paraense</i>	0,39	América	1
<i>Borojoa patinoi</i>	0,52	América	5
<i>Boswellia serrata</i>	0,50	Asia	5
<i>Bowdichia coccolobifolia</i>	0,39	América	2
<i>Bowdichia crassifolia</i>	0,39	América	2
<i>Bowdichia nitida</i>	0,79	América	4
<i>Bowdichia virgilioides</i>	0,52	América	2
<i>Brachystegia sp.</i>	0,52	África	5
<i>Bridelia micrantha</i>	0,47	África	5
<i>Bridelia squamosa</i>	0,50	Asia	5
<i>Brosimum acutifolium</i>	0,55	América	4
<i>Brosimum alicastrum</i>	0,69	América	4
<i>Brosimum guianense</i>	0,96	América	4
<i>Brosimum lactescens</i>	0,70	América	1
<i>Brosimum parinarioides</i>	0,58	América	4
<i>Brosimum potabile</i>	0,53	América	4
<i>Brosimum rubescens</i>	0,87	América	4
<i>Brosimum utile</i>	0,40-0,49	América	1
<i>Brysenia adenophylla</i>	0,54	América	5
<i>Buchenavia capitata</i>	0,63	América	4
<i>Buchenavia huberi</i>	0,79	América	4
<i>Buchenavia latifolia</i>	0,45	Asia	5
<i>Buchenavia oxycarpa</i>	0,72	América	4
<i>Buchenavia viridiflora</i>	0,88	América	1
<i>Bucida buceras</i>	0,93	América	5
<i>Bursera serrata</i>	0,59	Asia	5
<i>Bursera simaruba</i>	0,29-0,34	América	5

CUADRO 4.13 DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA (D) DE ESPECIES DE ÁRBOLES TROPICALES (TON SECADO EN HORNO (HUMEDAD M⁻³))1 = Baker *et al.*, 2004b; 2 = Barbosa y Fearnside, 2004; 3 = CTFT, 1989; 4 = Fearnside, 1997; 5 = Reyes *et al.*, 1992

Especies	Densidad	Continente	Referencia
Butea monosperma	0,48	Asia	5
Byrsonima coriacea	0,64	América	5
Byrsonima spicata	0,61	América	4
Byrsonima verbascifolia	0,33	América	2
Cabralea canjerana	0,55	América	4
Caesalpinia sp.	1,05	América	5
Calophyllum brasiliense	0,53	América	4
Calophyllum sp.	0,46	América	1
Calophyllum sp.	0,53	Asia	5
Calpocalyx klainei	0,63	África	5
Calycarpa arborea	0,53	Asia	5
Calycophyllum spruceanum	0,74	América	1
Camponosperma panamensis	0,37	América	1
Cananga odorata	0,29	Asia	5
Canarium sp.	0,44	Asia	5
Canthium monstrosum	0,42	Asia	5
Canthium rubrostratum	0,63	África	5
Carallia calycina	0,66	Asia	5
Carapa guianensis	0,55	América	4
Carapa procera	0,59	África	5
Cariniana integrifolia	0,49	América	4
Cariniana micrantha	0,64	América	4
Caryocar glabrum	0,65	América	1
Caryocar villosum	0,72	América	4
Casearia battiscombei	0,50	África	5
Casearia sp.	0,62	América	5
Cassia javanica	0,69	Asia	5
Cassia moschata	0,71	América	5
Cassia scleroxylon	1,01	América	4
Cassipourea euryoides	0,70	África	5
Cassipourea malosana	0,59	África	5
Castanopsis philippensis	0,51	Asia	5
Casuarina equisetifolia	0,81	América	5
Casuarina equisetifolia	0,83	Asia	5
Casuarina nodiflora	0,85	Asia	5
Catostemma commune	0,50	América	1
Cecropia sp.	0,36	América	5
Cedrela odorata	0,42	América	1
Cedrela odorata	0,38	Asia	5
Cedrela sp.	0,40-0,46	América	5
Cedrela toona	0,43	Asia	5
Cedrelinga catenaeformis	0,45	América	1
Ceiba pentandra	0,18-0,39	África	3
Ceiba pentandra	0,28	América	4
Ceiba pentandra	0,23	Asia	5
Ceiba samauma	0,57	América	1
Celtis luzonica	0,49	Asia	5
Celtis schippii	0,59	América	1
Celtis sp.	0,59	África	5
Centrolobium sp.	0,65	América	5
Cespedesia macrophylla	0,63	América	5
Cespedesia spathulata	0,54	América	1
Chaetocarpus schomburgkianus	0,80	América	5
Chisocheton pentandrus	0,52	Asia	5
Chlorophora excelsa	0,48-0,66	África	3
Chlorophora tinctoria	0,73	América	4
Chloroxylon swietenia	0,76-0,80	Asia	5
Chorisia integrifolia	0,28	América	1

CUADRO 4.13 DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA (D) DE ESPECIES DE ÁRBOLES TROPICALES (TON SECADO EN HORNO (HUMEDAD M⁻³))1 = Baker *et al.*, 2004b; 2 = Barbosa y Fearnside, 2004; 3 = CTFT, 1989; 4 = Fearnside, 1997; 5 = Reyes *et al.*, 1992

Especies	Densidad	Continente	Referencia
Chrysophyllum albidum	0,56	África	5
Chukrassia tabularis	0,57	Asia	5
Citrus grandis	0,59	Asia	5
Clarisia racemosa	0,59	América	4
Cleidion speciflorum	0,50	Asia	5
Cleistanthus eollinus	0,88	Asia	5
Cleistanthus mildbraedii	0,87	África	5
Cleistocalyx sp.	0,76	Asia	5
Cleistopholis patens	0,36	África	5
Clusia rosea	0,67	América	5
Cochlospermum gossypium	0,27	Asia	5
Cochlospermum orinocensis	0,26	América	5
Cocos nucifera	0,50	Asia	5
Coda edulis	0,78	África	5
Coelocaryon preussii	0,56	África	5
Cola sp.	0,70	África	5
Colona serratifolia	0,33	Asia	5
Combretodendron quadrialatum	0,57	Asia	5
Conopharyngia holstii	0,50	África	5
Copaifera officinalis	0,61	América	1
Copaifera pubiflora	0,56	América	1
Copaifera religiosa	0,50	África	5
Copaifera reticulata	0,63	América	4
Cordia alliodora	0,48	América	5
Cordia bicolor	0,49	América	4
Cordia gerascanthus	0,74	América	5
Cordia goeldiana	0,48	América	4
Cordia millenii	0,34	África	5
Cordia platythyrsa	0,36	África	5
Cordia sagotii	0,50	América	4
Cordia sp.	0,53	Asia	5
Corynanthe pachyceras	0,63	África	5
Corythophora rimosa	0,84	América	4
Cotylelobium sp.	0,69	Asia	5
Couepia sp.	0,70	América	5
Couma macrocarpa	0,50	América	4
Couratari guianensis	0,54	América	4
Couratari multiflora	0,47	América	4
Couratari oblongifolia	0,49	América	4
Couratari stellata	0,63	América	4
Crataeva religiosa	0,53	Asia	5
Cratoxylon arborescens	0,40	Asia	5
Croton megalocarpus	0,57	África	5
Croton xanthochloros	0,48	América	5
Cryptocarya sp.	0,59	Asia	5
Cryptosepalum staudtii	0,70	África	5
Ctenolophon englerianus	0,78	África	5
Cubilia cubili	0,49	Asia	5
Cullenia excelsa	0,53	Asia	5
Cupressus lusitanica	0,43-0,44	América	5
Curatella americana	0,41	América	2
Cylicodiscus gabonensis	0,80	África	5
Cynometra alexandri	0,74	África	5
Cynometra sp.	0,80	Asia	5
Cyrilla racemiflora	0,53	América	5
Dacrycarpus imbricatus	0,45-0,47	Asia	5
Dacrydium sp.	0,46	Asia	5
Dacryodes buttneri	0,44-0,57	África	3
Dacryodes excelsa	0,52-0,53	América	5
Dacryodes sp.	0,61	Asia	5
Dactyodes colombiana	0,51	América	5

CUADRO 4.13 DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA (D) DE ESPECIES DE ÁRBOLES TROPICALES (TON SECADO EN HORNO (HUMEDAD M⁻³))1 = Baker *et al.*, 2004b; 2 = Barbosa y Fearnside, 2004; 3 = CTFT, 1989; 4 = Fearnside, 1997; 5 = Reyes *et al.*, 1992

Especies	Densidad	Continente	Referencia
Dalbergia paniculata	0,64	Asia	5
Dalbergia retusa.	0,89	América	5
Dalbergia stevensonii	0,82	América	5
Daniellia oliveri	0,53	África	3
Declinanona calycina	0,47	América	5
Decussocarpus vitiensis	0,37	Asia	5
Degeneria vitiensis	0,35	Asia	5
Dehaasia triandra	0,64	Asia	5
Dendropanax arboreum	0,40	América	4
Desbordesia pierreana	0,87	África	5
Detarium senegalensis	0,63	África	5
Dialium excelsum	0,78	África	5
Dialium guianense	0,88	América	4
Dialium sp.	0,80	Asia	5
Dialyanthera sp.	0,36-0,48	América	5
Diclinanona calycina	0,47	América	4
Dicorynia ghuianensis	0,65	América	4
Dicorynia paraensis	0,60	América	5
Didelotia africana	0,78	África	5
Didelotia letouzeyi	0,50	África	5
Didymopanax sp.	0,74	América	5
Dillenia sp.	0,59	Asia	5
Dimorphandra mora	0,99	América	5
Dinizia excelsa	0,86	América	4
Diospyros sp.	0,82	África	5
Diospyros sp.	0,47	América	1
Diospyros sp.	0,70	Asia	5
Diplodiscus paniculatus	0,63	Asia	5
Diploon cuspidatum	0,85	América	4
Diploptropis martiusii	0,74	América	1
Diploptropis purpurea	0,78	América	4
Dipterocarpus caudatus	0,61	Asia	5
Dipterocarpus eurynchus	0,56	Asia	5
Dipterocarpus gracilis	0,61	Asia	5
Dipterocarpus grandiflorus	0,62	Asia	5
Dipterocarpus kerrii	0,56	Asia	5
Dipterocarpus kunstlerii	0,57	Asia	5
Dipterocarpus sp.	0,61	Asia	5
Dipterocarpus warburgii	0,52	Asia	5
Dipteryx odorata	0,93	América	4
Dipteryx polyphylla	0,87	América	4
Discoglypsemna caloneura	0,32	África	5
Distemonanthus benthamianus	0,58	África	5
Dracontomelon sp.	0,50	Asia	5
Dryobalanops sp.	0,61	Asia	5
Drypetes sp.	0,63	África	5
Drypetes variabilis	0,71	América	4
Drypetes bordenii	0,75	Asia	5
Durio sp.	0,53	Asia	5
Dussia lehmannii	0,59	América	5
Dyera costulata	0,36	Asia	5
Dysoxylum quercifolium	0,49	Asia	5
Ecclinusa bacuri	0,59	América	4
Ecclinusa guianensis	0,63	América	5
Ehretia acuminata	0,51	África	5
Elaeocarpus serratus	0,40	Asia	5
Embllica officinalis	0,80	Asia	5
Enantia chlorantha	0,42	África	5
Endiandra laxiflora	0,54	Asia	5
Endlicheria sp.	0,50	América	1

CUADRO 4.13 DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA (D) DE ESPECIES DE ÁRBOLES TROPICALES (TON SECADO EN HORNO (HUMEDAD M⁻³))1 = Baker *et al.*, 2004b; 2 = Barbosa y Fearnside, 2004; 3 = CTFT, 1989; 4 = Fearnside, 1997; 5 = Reyes *et al.*, 1992

Especies	Densidad	Continente	Referencia
Endodesmia calophylloides	0,66	África	5
Endopleura uchi	0,78	América	4
Endospermum sp.	0,38	Asia	5
Entandrophragma utile	0,53-0,62	África	3
Enterolobium cyclocarpum	0,34	América	4
Enterolobium cyclocarpum	0,35	Asia	5
Enterolobium maximum	0,40	América	4
Enterolobium schomburgkii	0,78	América	4
Eperua falcata	0,78	América	4
Epicharis cumingiana	0,73	Asia	5
Eriobroma oblongum	0,60	África	5
Eriocoelum microsporum	0,50	África	5
Eriotheca longipedicellata	0,45	América	4
Erisma uncinatum	0,47	América	1
Erismadelphus ensul	0,56	África	5
Erythrina sp.	0,23	América	5
Erythrina subumbrans	0,24	Asia	5
Erythrina vogelii	0,25	África	5
Erythrophloeum ivorense	0,70-0,88	África	3
Erythrophloeum densiflorum	0,65	Asia	5
Eschweilera amazonica	0,90	América	4
Eschweilera coriacea	0,78	América	4
Eschweilera ovata	0,81	América	4
Eschweilera sagotiana	0,79	América	4
Eucalyptus citriodora	0,64	Asia	5
Eucalyptus deglupta	0,34	Asia	5
Eucalyptus robusta	0,51	América	5
Eugenia sp.	0,65	Asia	5
Eugenia stahlii	0,73	América	5
Euxylophora paraensis	0,70	América	4
Fagara macrophylla	0,69	África	5
Fagara sp.	0,69	América	5
Fagraea sp.	0,73	Asia	5
Ficus benjamina	0,65	Asia	5
Ficus insipida	0,50	América	1
Ficus iteophylla	0,40	África	5
Fumtunia latifolia	0,45	África	5
Gallesia integrifolia	0,51	América	1
Gambeya sp.	0,56	África	5
Ganua obovatifolia	0,59	Asia	5
Garcinia myrtifolia	0,65	Asia	5
Garcinia punctata	0,78	África	5
Garcinia sp.	0,75	Asia	5
Gardenia turgida	0,64	Asia	5
Garuga pinnata	0,51	Asia	5
Genipa americana	0,51	América	4
Gilletiodendron mildbraedii	0,87	África	5
Gluta sp.	0,63	Asia	5
Glycydendron amazonicum	0,66	América	4
Gmelina arborea	0,41-0,45	Asia	5
Gmelina vitiensis	0,54	Asia	5
Gonocaryum calleryanum	0,64	Asia	5
Gonystylus punctatus	0,57	Asia	5
Gossweilerodendron balsamiferum	0,40	África	5
Goupia glabra	0,68	América	1

CUADRO 4.13 DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA (D) DE ESPECIES DE ÁRBOLES TROPICALES (TON SECADO EN HORNO (HUMEDAD M⁻³))1 = Baker *et al.*, 2004b; 2 = Barbosa y Fearnside, 2004; 3 = CTFT, 1989; 4 = Fearnside, 1997; 5 = Reyes *et al.*, 1992

Especies	Densidad	Continento	Referencia
<i>Grewia tiliifolia</i>	0,68	Asia	5
<i>Guarea cedrata</i>	0,48-0,57	África	3
<i>Guarea chalde</i>	0,52	América	5
<i>Guarea guidonia</i>	0,68	América	4
<i>Guarea kunthiana</i>	0,60	América	1
<i>Guatteria decurrens</i>	0,52	América	1
<i>Guatteria olivacea</i>	0,51	América	4
<i>Guatteria procera</i>	0,65	América	4
<i>Guazuma ulmifolia</i>	0,50-0,52	América	5
<i>Guibourtia demeusii</i>	0,70-0,84	África	3
<i>Guillielma gasipae</i>	0,95-1,25	América	5
<i>Gustavia speciosa</i>	0,34	América	1
<i>Hannoa klaineana</i>	0,28	África	5
<i>Hardwickia binata</i>	0,73	Asia	5
<i>Harpullia arborea</i>	0,62	Asia	5
<i>Harungana madagascariensis</i>	0,45	África	5
<i>Helicostylis tomentosa</i>	0,72	América	4
<i>Heritiera sp.</i>	0,56	Asia	5
<i>Hernandia Sonora</i>	0,29	América	5
<i>Hevea brasiliensis</i>	0,49	América	4
<i>Hevea brasiliensis</i>	0,53	Asia	5
<i>Hexalobus crispiflorus</i>	0,48	África	5
<i>Hibiscus tiliaceus</i>	0,57	Asia	5
<i>Hieronima chocoensis</i>	0,59-0,62	América	1
<i>Hieronima laxiflora</i>	0,55	América	1
<i>Himatanthus articulatus</i>	0,38	América	2
<i>Hirtella davisii</i>	0,74	América	5
<i>Holoptelea grandis</i>	0,59	África	5
<i>Homalanthus populneus</i>	0,38	Asia	5
<i>Homalium sp.</i>	0,70	África	5
<i>Homalium sp.</i>	0,76	Asia	5
<i>Hopea acuminata</i>	0,62	Asia	5
<i>Hopea sp.</i>	0,64	Asia	5
<i>Huberodendron patinoi</i>	0,50	América	1
<i>Humiria balsamifera</i>	0,66	América	4
<i>Humiriastrum excelsum</i>	0,75	América	4
<i>Humiriastrum procera</i>	0,70	América	5
<i>Hura crepitans</i>	0,36	América	4
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	0,64	América	4
<i>Hyeronima laxiflora</i>	0,59	América	5
<i>Hylodendron gabonense</i>	0,78	África	5
<i>Hymenaea courbaril</i>	0,77	América	1
<i>Hymenaea davisii</i>	0,67	América	5
<i>Hymenaea oblongifolia</i>	0,62	América	1
<i>Hymenaea parvifolia</i>	0,95	América	4
<i>Hymenolobium excelsum</i>	0,64	América	4
<i>Hymenolobium modestum</i>	0,65	América	4
<i>Hymenolobium pulcherrimum</i>	0,67	América	4
<i>Hymenostegia pellegrini</i>	0,78	África	5
<i>Inga alba</i>	0,62	América	4
<i>Inga edulis</i>	0,51	América	1
<i>Inga paraensis</i>	0,82	América	4
<i>Intsia palembanica</i>	0,68	Asia	5
<i>Irvingia grandifolia</i>	0,78	África	5
<i>Iryanthera grandis</i>	0,55	América	4
<i>Iryanthera sagotiana</i>	0,57	América	4
<i>Iryanthera trocornis</i>	0,72	América	4
<i>Jacaranda copaia</i>	0,33	América	4
<i>Joannesia heveoides</i>	0,39	América	4
<i>Julbernardia globiflora</i>	0,78	África	5

CUADRO 4.13 DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA (D) DE ESPECIES DE ÁRBOLES TROPICALES (TON SECADO EN HORNO (HUMEDAD M⁻³))1 = Baker *et al.*, 2004b; 2 = Barbosa y Fearnside, 2004; 3 = CTFT, 1989; 4 = Fearnside, 1997; 5 = Reyes *et al.*, 1992

Especies	Densidad	Continento	Referencia
<i>Kayea garciae</i>	0,53	Asia	5
<i>Khaya ivorensis</i>	0,40-0,48	África	3
<i>Kingiodendron alternifolium</i>	0,48	Asia	5
<i>Klainedoxa gabonensis</i>	0,87	África	5
<i>Kleinhovia hospita</i>	0,36	Asia	5
<i>Knema sp.</i>	0,53	Asia	5
<i>Koompassia excelsa</i>	0,63	Asia	5
<i>Koordersiodendron pinnatum</i>	0,65-0,69	Asia	5
<i>Kydia calycina</i>	0,72	Asia	5
<i>Lachmellea speciosa</i>	0,73	América	5
<i>Laetia procera</i>	0,63	América	1
<i>Lagerstroemia sp.</i>	0,55	Asia	5
<i>Lannea grandis</i>	0,50	Asia	5
<i>Lecomtedoxa klainenna</i>	0,78	África	5
<i>Lecythis idatimon</i>	0,77	América	4
<i>Lecythis lurida</i>	0,83	América	4
<i>Lecythis pisonis</i>	0,84	América	4
<i>Lecythis poltequi</i>	0,81	América	4
<i>Lecythis zabucaja</i>	0,86	América	4
<i>Letestua durissima</i>	0,87	África	5
<i>Leucaena leucocephala</i>	0,64	Asia	5
<i>Licania macrophylla</i>	0,76	América	4
<i>Licania oblongifolia</i>	0,88	América	4
<i>Licania octandra</i>	0,77	América	4
<i>Licania unguiculata</i>	0,88	América	1
<i>Licaria aritu</i>	0,80	América	4
<i>Licaria cannella</i>	1,04	América	4
<i>Licaria rigida</i>	0,73	América	4
<i>Lindackeria sp.</i>	0,41	América	5
<i>Linociera domingensis</i>	0,81	América	5
<i>Lithocarpus soleriana</i>	0,63	Asia	5
<i>Litsea sp.</i>	0,40	Asia	5
<i>Lonchocarpus sp.</i>	0,69	América	5
<i>Lophira alata</i>	0,84-0,97	África	3
<i>Lophopetalum sp.</i>	0,46	Asia	5
<i>Lovoa trichilioides</i>	0,45	África	5
<i>Loxopterygium sagotii</i>	0,56	América	5
<i>Lucuma sp.</i>	0,79	América	5
<i>Luehea sp.</i>	0,50	América	5
<i>Lueheopsis duckeana</i>	0,62	América	4
<i>Mabea piriri</i>	0,59	América	5
<i>Macaranga denticulata</i>	0,53	Asia	5
<i>Machaerium sp.</i>	0,70	América	5
<i>Maclura tinctoria</i>	0,71	América	1
<i>Macoubea guianensis</i>	0,40	América	5
<i>Madhuca oblongifolia</i>	0,53	Asia	5
<i>Maesopsis eminii</i>	0,41	África	5
<i>Magnolia sp.</i>	0,52	América	5
<i>Maguirea sclerophylla</i>	0,57	América	5
<i>Malacantha sp.</i>	0,45	África	5
<i>Mallotus philippinensis</i>	0,64	Asia	5
<i>Malouetia duckei</i>	0,57	América	4
<i>Mammea africana</i>	0,62	África	5
<i>Mammea americana</i>	0,62	América	5
<i>Mangifera indica</i>	0,55	América	5
<i>Mangifera sp.</i>	0,52	Asia	5
<i>Manilkara amazonica</i>	0,85	América	4
<i>Manilkara bidentata</i>	0,87	América	1
<i>Manilkara huberi</i>	0,93	América	4
<i>Manilkara lacera</i>	0,78	África	5
<i>Maniltoa minor</i>	0,76	Asia	5
<i>Maquira sclerophylla</i>	0,57	América	4
<i>Marila sp.</i>	0,63	América	5
<i>Markhamia platycalyx</i>	0,45	África	5
<i>Marmaroxylon racemosum</i>	0,81	América	4

CUADRO 4.13 DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA (D) DE ESPECIES DE ÁRBOLES TROPICALES (TON SECADO EN HORNO (HUMEDAD M⁻³))1 = Baker *et al.*, 2004b; 2 = Barbosa y Fearnside, 2004; 3 = CTFT, 1989; 4 = Fearnside, 1997; 5 = Reyes *et al.*, 1992

Especies	Densidad	Continente	Referencia
Mastixia philippinensis	0,47	Asia	5
Matayba domingensis	0,70	América	5
Matisia hirta	0,61	América	5
Mauria sp.	0,31	América	1
Maytenus sp.	0,71	América	5
Melanorrhoea sp.	0,63	Asia	5
Melia dubia	0,40	Asia	5
Melicope triphylla	0,37	Asia	5
Meliosma macrophylla	0,27	Asia	5
Melochia umbellata	0,25	Asia	5
Memecylon capitellatum	0,77	África	5
Metrosideros collina	0,70-0,76	Asia	5
Mezilaurus itauba	0,70	América	4
Mezilaurus lindaviana	0,68	América	4
Michelia sp.	0,43	Asia	5
Michropholis sp.	0,61	América	5
Microberlinia brazzavillensis	0,70	África	5
Microcos coriaceus	0,42	África	5
Microcos stylocarpa	0,40	Asia	5
Micromelum compressum	0,64	Asia	5
Micropholi guyanensis	0,65	América	4
Micropholi venulosa	0,67	América	4
Milletia sp.	0,72	África	5
Milliusa velutina	0,63	Asia	5
Mimusops elengi	0,72	Asia	5
Minuartia guianensis	0,76	América	1
Mitragyna parviflora	0,56	Asia	5
Mitragyna stipulosa	0,47	África	5
Monopetalanthus heitzii	0,44-0,53	África	3
Mora excelsa	0,80	América	4
Mora gonggripii	0,78	América	1
Mora megistosperma	0,63	América	1
Mouriri barinensis	0,78	América	1
Mouriria sideroxylon	0,88	América	5
Musanga cecropioides	0,23	África	5
Myrciaria floribunda	0,73	América	5
Myristica platysperma	0,55	América	4
Myristica sp.	0,53	Asia	5
Myroxylon balsamum	0,78	América	1
Myroxylon peruiferum	0,78	América	1
Naucleria diderichii	0,63	África	5
Nealchornea yapurensis	0,61	América	1
Nectandra rubra	0,57	América	5
Neesia sp.	0,53	Asia	5
Neonauclea bernardoi	0,62	Asia	5
Neopoutonia macrocalyx	0,32	África	5
Neotrewia cumingii	0,55	Asia	5
Nesogordonia papaverifera	0,65	África	5
Ochna foxworthyi	0,86	Asia	5
Ochroma pyramidale	0,30	Asia	5
Ochtocosmus Africanus	0,78	África	5
Ocotea guianensis	0,63	América	4
Ocotea neesiana	0,63	América	4
Octomeles sumatrana	0,27-0,32	Asia	5
Odyndea sp.	0,32	África	5
Oldfieldia africana	0,78	África	5
Ongokea gore	0,72	África	5
Onychopetalum amazonicum	0,61	América	4
Ormosia coccinea	0,61	América	1
Ormosia paraensis	0,67	América	4
Ormosia schunkei	0,57	América	1

CUADRO 4.13 DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA (D) DE ESPECIES DE ÁRBOLES TROPICALES (TON SECADO EN HORNO (HUMEDAD M⁻³))1 = Baker *et al.*, 2004b; 2 = Barbosa y Fearnside, 2004; 3 = CTFT, 1989; 4 = Fearnside, 1997; 5 = Reyes *et al.*, 1992

Especies	Densidad	Continente	Referencia
Oroxylon indicum	0,32	Asia	5
Otoba gracilipes	0,32	América	1
Ougenia dalbergioides	0,70	Asia	5
Ouretea sp.	0,66	América	5
Oxystigma oxyphyllum	0,53	África	5
Pachira acuatica	0,43	América	5
Pachyelasma tessmannii	0,70	África	5
Pachypodanthium staudtii	0,58	África	5
Palaquium sp.	0,55	Asia	5
Pangium edule	0,50	Asia	5
Paraberrinia bifoliolata	0,56	África	5
Parashorea stellata	0,59	Asia	5
Paratecoma peroba	0,60	América	5
Paratrophis glabra	0,77	Asia	5
Parinari excelsa	0,68	América	4
Parinari glabra	0,87	África	5
Parinari montana	0,71	América	4
Parinari rodolphii	0,71	América	4
Parinari sp.	0,68	Asia	5
Parkia multijuga	0,38	América	4
Parkia nitida	0,40	América	4
Parkia paraensis	0,44	América	4
Parkia pendula	0,55	América	4
Parkia roxburghii	0,34	Asia	5
Parkia ulei	0,40	América	4
Pausandra trianae	0,59	América	1
Pausinystalia brachythysa	0,56	África	5
Pausinystalia sp.	0,56	África	5
Payena sp.	0,55	Asia	5
Peltogyne paniculata	0,89	América	4
Peltogyne paradoxa	0,91	América	4
Peltogyne porphyrocardia	0,89	América	1
Peltophorum pterocarpum	0,62	Asia	5
Pentace sp.	0,56	Asia	5
Pentaclethra macroloba	0,43	América	1
Pentaclethra macrophylla	0,78	África	5
Pentadesma butyracea	0,78	África	5
Persea sp.	0,40-0,52	América	5
Peru glabrata	0,65	América	5
Peru schomburgkiana	0,59	América	5
Petitia domingensis	0,66	América	5
Phaeanthus ebracteolatus	0,56	Asia	5
Phyllanthus discoideus	0,76	África	5
Phyllocladus hypophyllus	0,53	Asia	5
Phyllostylon brasiliensis	0,77	América	4
Pierreodendron Africanum	0,70	África	5
Pinus caribaea	0,51	América	5
Pinus caribaea	0,48	Asia	5
Pinus insularis	0,47-0,48	Asia	5
Pinus merkusii	0,54	Asia	5
Pinus oocarpa	0,55	América	5
Pinus patula	0,45	América	5
Piptadenia communis	0,68	América	4
Piptadenia grata	0,86	América	1
Piptadenia suaveolens	0,75	América	4
Piptadeniastrum Africanum	0,56	África	5
Piratinera guianensis	0,96	América	5

CUADRO 4.13 DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA (D) DE ESPECIES DE ÁRBOLES TROPICALES (TON SECADO EN HORNO (HUMEDAD M⁻³))			
1 = Baker <i>et al.</i> , 2004b; 2 = Barbosa y Fearnside, 2004; 3 = CTFT, 1989; 4 = Fearnside, 1997; 5 = Reyes <i>et al.</i> , 1992			
Especies	Densidad	Continente	Referencia
Pisonia umbellifera	0,21	Asia	5
Pithecellobium guachapele	0,56	América	5
Pithecellobium latifolium	0,36	América	1
Pithecellobium saman	0,49	América	1
Pittosporum pentandrum	0,51	Asia	5
Plagiostyles africana	0,70	África	5
Planchonia sp.	0,59	Asia	5
Platonia insignis	0,70	América	5
Platymiscium sp.	0,71-0,84	América	5
Podocarpus oleifolius	0,44	América	1
Podocarpus rospigliosii	0,57	América	1
Podocarpus sp.	0,43	Asia	5
Poga oleosa	0,36	África	5
Polyalthia flava	0,51	Asia	5
Polyalthia suaveolens	0,66	África	5
Polyscias nodosa	0,38	Asia	5
Pometia sp.	0,54	Asia	5
Poulsenia armata	0,37-0,44	América	1
Pourouma sp.	0,32	América	5
Pouteria anibifolia	0,66	América	1
Pouteria anomala	0,81	América	4
Pouteria caimito	0,87	América	4
Pouteria guianensis	0,90	América	4
Pouteria manaosensis	0,64	América	4
Pouteria oppositifolia	0,65	América	4
Pouteria villamilii	0,47	Asia	5
Premna angolensis	0,63	África	5
Premna tomentosa	0,96	Asia	5
Prioria copaifera	0,40-0,41	América	5
Protium heptaphyllum	0,54	América	4
Protium tenuifolium	0,65	América	4
Pseudolmedia laevigata	0,62-0,63	América	1
Pseudolmedia laevis	0,71	América	1
Pteleopsis hylodendron	0,63	África	5
Pterocarpus marsupium	0,67	Asia	5
Pterocarpus soyauxii	0,62-0,79	África	3
Pterocarpus vernalis	0,57	América	1
Pterogyne nitens	0,66	América	4
Pterygota sp.	0,52	África	5
Pterygota sp.	0,62	América	1
Pycnanthus angolensis	0,40-0,53	África	3
Qualea albiflora	0,50	América	5
Qualea brevipedicellata	0,69	América	4
Qualea dinizii	0,58	América	5
Qualea lancifolia	0,58	América	4
Qualea paraensis	0,67	América	4
Quararibea asterolepis	0,45	América	1
Quararibea bicolor	0,52-0,53	América	1
Quararibea cordata	0,43	América	1
Quassia simarouba	0,37	América	4
Quercus alata	0,71	América	5
Quercus costaricensis	0,61	América	5
Quercus eugeniaefolia	0,67	América	5
Quercus sp.	0,70	Asia	5
Radermachera pinnata	0,51	Asia	5
Randia cladantha	0,78	África	5
Raputia sp.	0,55	América	5
Rauwolfia macrophylla	0,47	África	5
Rheedia sp.	0,60	América	1
Rhizophora mangle	0,89	América	4
Ricinodendron heudelotii	0,20	África	5
Rollinia exsucca	0,52	América	4
Roupala moniana	0,77	América	4
Ruizierania albiflora	0,57	América	4

CUADRO 4.13 DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA (D) DE ESPECIES DE ÁRBOLES TROPICALES (TON SECADO EN HORNO (HUMEDAD M⁻³))			
1 = Baker <i>et al.</i> , 2004b; 2 = Barbosa y Fearnside, 2004; 3 = CTFT, 1989; 4 = Fearnside, 1997; 5 = Reyes <i>et al.</i> , 1992			
Especies	Densidad	Continente	Referencia
Saccoglottis gabonensis	0,74	África	5
Saccoglottis guianensis	0,77	América	4
Salmalia malabarica	0,32-0,33	Asia	5
Samanea saman	0,45-0,46	Asia	5
Sandoricum vidalii	0,43	Asia	5
Santiria trimera	0,53	África	5
Sapindus saponaria	0,58	Asia	5
Sapium ellipticum	0,50	África	5
Sapium luzontcum	0,40	Asia	5
Sapium marmieri	0,40	América	1
Schefflera morototoni	0,36	América	1
Schizolobium parahyba	0,40	América	1
Schleichera oleosa	0,96	Asia	5
Schrebera arborea	0,63	África	5
Schrebera swietenoides	0,82	Asia	5
Sclerolobium chrysopyllum	0,62	América	4
Sclerolobium paraense	0,64	América	4
Sclerolobium peoppigianum	0,65	América	4
Scleronema micranthum	0,61	América	4
Sclerodophloeus zenkeri	0,68	África	5
Scotellia coriacea	0,56	África	5
Scyphocephalum ochocoa	0,48	África	5
Scytotetalum tieghemii	0,56	África	5
Semicarpus anacardium	0,64	Asia	5
Serialbizia acle	0,57	Asia	5
Serianthes melanesica	0,48	Asia	5
Sesbania grandiflora	0,40	Asia	5
Shorea assamica forma philippinensis	0,41	Asia	5
Shorea astylosa	0,73	Asia	5
Shorea ciliata	0,75	Asia	5
Shorea contorta	0,44	Asia	5
Shorea palosapis	0,39	Asia	5
Shorea plagata	0,70	Asia	5
Shorea polita	0,47	Asia	5
Shorea robusta	0,72	Asia	5
Shorea sp. (balau)	0,70	Asia	5
Shorea sp. (dark red meranti)	0,55	Asia	5
Shorea sp. (light red meranti)	0,40	Asia	5
Sickingia sp.	0,52	América	5
Simaba multiflora	0,51	América	5
Simarouba amara	0,36	América	1
Simira sp.	0,65	América	1
Sindoropsis letestui	0,56	África	5
Sloanea guianensis	0,79	América	5
Sloanea javanica	0,53	Asia	5
Sloanea nitida	1,01	América	4
Soymida febrifuga	0,97	Asia	5
Spathodea campanulata	0,25	Asia	5
Spondias lutea	0,38	América	4
Spondias mombin	0,31-0,35	América	1
Spondias purpurea	0,40	América	4
Staudtia stipitata	0,75	África	5
Stemonurus luzoniensis	0,37	Asia	5
Sterculia apetala	0,33	América	4
Sterculia pruriens	0,46	América	4
Sterculia rhinopetala	0,64	África	5
Sterculia speciosa	0,51	América	4
Sterculia vitiensis	0,31	Asia	5
Stereospermum suaveolens	0,62	Asia	5

CUADRO 4.13 DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA (D) DE ESPECIES DE ÁRBOLES TROPICALES (TON SECADO EN HORNO (HUMEDAD M⁻³))1 = Baker *et al.*, 2004b; 2 = Barbosa y Fearnside, 2004; 3 = CTFT, 1989; 4 = Fearnside, 1997; 5 = Reyes *et al.*, 1992

Especies	Densidad	Continente	Referencia
Strephonema pseudocola	0,56	África	5
Strombosia philippinensis	0,71	Asia	5
Strombosiaopsis tetrandra	0,63	África	5
Strychnos potatorum	0,88	Asia	5
Stylogyne sp.	0,69	América	5
Swartzia fistuloides	0,82	África	5
Swartzia laevicarpa	0,61	América	1
Swartzia panacoco	0,97	América	4
Swietenia macrophylla	0,43	América	1
Swietenia macrophylla	0,49-0,53	Asia	5
Swintonia foxworthyi	0,62	Asia	5
Swintonia sp.	0,61	Asia	5
Sycopsis dunni	0,63	Asia	5
Symphonia globulifera	0,58	África	5
Symphonia globulifera	0,58	América	1
Syzygium cordatum	0,59	África	5
Syzygium sp.	0,69-0,76	Asia	5
Tabebuia rosea	0,54	América	1
Tabebuia serratifolia	0,92	América	1
Tabebuia stenocalyx	0,55-0,57	América	5
Tachigalia myrmecophylla	0,53	América	4
Talisia sp.	0,84	América	5
Tamarindus indica	0,75	Asia	5
Tapirira guianensis	0,50	América	4
Taralea oppositifolia	0,80	América	1
Tectona grandis	0,50-0,55	Asia	5
Terminalia amazonica	0,65	América	1
Terminalia citrina	0,71	Asia	5
Terminalia copelandii	0,46	Asia	5
Terminalia ivorensis	0,40-0,59	África	3
Terminalia microcarpa	0,53	Asia	5
Terminalia nitens	0,58	Asia	5
Terminalia oblonga	0,73	América	1
Terminalia pterocarpa	0,48	Asia	5
Terminalia superba	0,40-0,66	África	3
Terminalia tomentosa	0,73-0,77	Asia	5
Ternstroemia megacarpa	0,53	Asia	5
Tessmania africana	0,85	África	5
Testulea gabonensis	0,60	África	5
Tetragastris altissima	0,74	América	4
Tetragastris panamensis	0,76	América	4
Tetrameles nudiflora	0,30	Asia	5
Tetramerista glabra	0,61	Asia	5
Tetrapleura tetraptera	0,50	África	5
Thespesia populnea	0,52	Asia	5
Thyrsodium guianensis	0,63	América	4
Tieghemella africana	0,53-0,66	África	3
Toluidra balsamum	0,74	América	5
Torrubia sp.	0,52	América	5
Toulicia pulvinata	0,63	América	5
Tovomitia guianensis	0,60	América	5
Trattinickia sp.	0,38	América	5
Trema orientalis	0,31	Asia	5
Trema sp.	0,40	África	5
Trichilia lecontei	0,90	América	4
Trichilia prieureana	0,63	África	5
Trichilia propingua	0,58	América	5
Trichoscypha arborea	0,59	África	5
Trichosperma mexicanum	0,41	América	5
Trichospermum richii	0,32	Asia	5
Triplaris cumingiana	0,53	América	5

CUADRO 4.13 DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA (D) DE ESPECIES DE ÁRBOLES TROPICALES (TON SECADO EN HORNO (HUMEDAD M⁻³))1 = Baker *et al.*, 2004b; 2 = Barbosa y Fearnside, 2004; 3 = CTFT, 1989; 4 = Fearnside, 1997; 5 = Reyes *et al.*, 1992

Especies	Densidad	Continente	Referencia
Triplochiton scleroxylon.	0,28-0,44	África	3
Tristania sp.	0,80	Asia	5
Trophis sp.	0,44	América	1
Turpinia ovalifolia	0,36	Asia	5
Vantanea parviflora	0,86	América	4
Vatairea guianensis	0,70	América	4
Vatairea paraensis	0,78	América	4
Vatairea sericea	0,64	América	4
Vateria indica	0,47	Asia	5
Vatica sp.	0,69	Asia	5
Vepris undulata	0,70	África	5
Virola michelii	0,50	América	4
Virola reidii	0,35	América	1
Virola sebifera	0,37	América	1
Vismia sp.	0,41	América	5
Vitex doniana	0,40	África	5
Vitex sp.	0,52-0,57	América	5
Vitex sp.	0,65	Asia	5
Vitex stahelii	0,60	América	5
Vochysia densiflora	0,29	América	1
Vochysia ferruginea	0,37	América	1
Vochysia guianensis	0,53	América	4
Vochysia lanceolata	0,49	América	1
Vochysia macrophylla	0,36	América	1
Vochysia maxima	0,47	América	4
Vochysia melinonii	0,51	América	4
Vochysia obidensis	0,50	América	4
Vochysia surinamensis	0,66	América	4
Vouacapoua americana	0,79	América	4
Warszewiczia coccinea	0,56	América	5
Wrightia tinctoria	0,75	Asia	5
Xanthophyllum excelsum	0,63	Asia	5
Xanthoxylum martinicensis	0,46	América	5
Xanthoxylum sp.	0,44	América	5
Xylia xylocarpa	0,73-0,81	Asia	5
Xylopia frutescens	0,64	América	5
Xylopia nitida	0,57	América	4
Xylopia staudtii	0,36	África	5
Zanthoxylum rhetsa	0,33	Asia	5
Zizyphus sp.	0,76	Asia	5

CUADRO 4.14 DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA (D) DE CIERTOS TAXA DE ÁRBOLES DE ZONAS TEMPLADAS Y BOREALES		
Taxon	D [ton secado en horno (humedad m⁻³)]	Fuente
Abies spp.	0,40	2
Acer spp.	0,52	2
Alnus spp.	0,45	2
Betula spp.	0,51	2
Fagus sylvatica	0,58	2
Fraxinus spp.	0,57	2
Larix decidua	0,46	2
Picea abies	0,40	2
Picea sitchensis	0,40	3
Pinus pinaster	0,44	4
Pinus radiata	0,38 (0,33 - 0,45)	1
Pinus strobus	0,32	2
Pinus sylvestris	0,42	2
Populus spp.	0,35	2
Prunus spp.	0,49	2
Pseudotsuga menziesii	0,45	2
Quercus spp.	0,58	2
Salix spp.	0,45	2
Tilia spp.	0,43	2
1 = Beets et al., 2001 2 = Dietz, 1975 3 = Knigge y Shulz, 1966 4 = Rijdsdijk y Laming, 1994		

Anexo 4A.1 Glosario de tierras forestales

Terminología sobre existencias y cambios en bosques, según lo definido en este volumen			
Componente	Estado	Aumento	Disminución por cosecha
Volumen venable	existencias en crecimiento	incremento anual neto	absorciones
Biomasa en el volumen venable	existencias en crecimiento en la biomasa	incremento en la biomasa	absorciones en la biomasa
Total biomasa aérea	biomasa aérea	crecimiento de la biomasa aérea	absorciones de la biomasa aérea
Total biomasa subterránea	biomasa subterránea	crecimiento de la biomasa subterránea	absorciones de la biomasa subterránea
Total biomasa aérea y subterránea	total de biomasa	total de crecimiento de biomasa	absorciones en la biomasa
Carbono	carbono en ... (en cualquiera de los casilleros precedentes, p. ej., carbono en existencias en crecimiento o absorciones de la biomasa), o en hojarasca, madera muerta y materia orgánica del suelo.		

ABSORCIONES EN LA BIOMASA

Biomasa de recogida de madera y recogidas de madera combustible (véase a continuación) más peso secado en horno de ramas, brotes, follaje de los árboles o arboledas recogidos.

AFORESTACIÓN⁴

La conversión directa inducida por el hombre de tierras que no se han forestado por un período mínimo de 50 años a tierras forestadas mediante plantación, sembrado y/o la promoción inducida por el hombre de fuentes naturales de semilla.

AGROSILVICULTURA

Sistema de uso de la tierra que implica una deliberada retención, introducción o mezcla de árboles u otras plantas perennes madereras en sistemas de producción agrícola o pecuaria para sacar ventajas de las interacciones económicas y ecológicas de tales componentes (Diccionario de silvicultura, helms, 1998, Asociación de Silvicultores de los Estados Unidos).

ÁRBOL

Planta maderera perenne con un único tronco principal o, en el caso de rebrotes, con varios tallos, con una copa más o menos diferenciada. Incluye cañas, palmeras y otras plantas madereras que cumplan con los citados criterios.

ARBUSTO

Planta maderera perenne, generalmente de más de 0,5 metros y menos de 5 metros de altura a su madurez y sin copa definida. Los límites de altura para árboles y arbustos deben interpretarse con flexibilidad, particularmente la altura mínima de los árboles y la máxima de los arbustos, las que pueden variar entre 5 y 7 metros.

⁴ En el contexto del Protocolo de Kyoto, según lo estipulado por los Acuerdos de Marruecos, cf. párrafo 1 del Anexo a la decisión borrador –CMP.1 (Uso de la tierra, cambios en el uso de la tierra y silvicultura) contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, p. 58.

BIOMASA AÉREA

Toda la biomasa de la vegetación viva, tanto maderera como herbácea, que se halla por encima del suelo, incluyendo tallos, cepas, corteza, semillas y follaje.

Nota: En los casos en los que el sotobosque sea un componente menor del depósito de carbono de la biomasa aérea, es aceptable que se lo excluya para las metodologías y los datos asociados que se utilizan en ciertos niveles, siempre que éstos se empleen de manera coherente a lo largo de toda la serie temporal del inventario.

BIOMASA DE EXISTENCIAS EN CRECIMIENTO

Peso secado en horno de las existencias en crecimiento (véase abajo).

BIOMASA DE LA MADERA MUERTA

Toda la biomasa maderera no viviente que no está contenida en la hojarasca, ya sea en pie, tendida en el suelo o enterrada en el suelo. La madera muerta incluye madera tendida en la superficie, raíces muertas enterradas con diámetro de 2 mm o más, y cepas de 10 cm de diámetro o más, o del diámetro utilizado por el país).

BIOMASA DE RECOGIDA

Peso secado en horno de las recogidas de madera.

BIOMASA MADERERA

Biomasa de árboles, arbustos y matas; no es estrictamente correcto, en el sentido botánico, para palmeras y bambúes.

BIOMASA SUBTERRÁNEA

Toda la biomasa de las raíces vivas. A menudo, las raíces finas, de menos de 2 mm de diámetro (sugerido), se excluyen porque, empíricamente, no se las puede distinguir de la materia orgánica del suelo o de la hojarasca.

BOSQUE⁵

Superficie de tierra que tiene como mínimo 0,05 a 1,0 hectáreas, con una cobertura de copas forestales (o un nivel equivalente de existencias) de más de 10-30 por ciento y con árboles con el potencial de alcanzar una altura mínima de 2-5 metros a su madurez *in situ*. Un bosque puede estar constituido por una formación cerrada, en la que los árboles de distintas alturas y con distinto sotobosque cubren una gran parte del terreno, o por una formación abierta. Las arboledas naturales jóvenes y todas las plantaciones que aún no han llegado a una densidad de copas del 10-30 por ciento o a alturas de árboles de 2-5 metros se incluyen como forestales, así como las áreas que normalmente forman parte de la superficie forestal y que están temporalmente sin vegetación como resultado de la intervención humana, como la cosecha, o por causas naturales pero que se espera que vuelvan a ser bosques.

BOSQUE CERRADO

Formación en la que los árboles, en las distintas alturas y el sotobosque, cubren una gran proporción del terreno (>40%).

BOSQUE GESTIONADO

Tierra forestal sujeta a condiciones definidas para tierras gestionadas.

BOSQUE NATURAL

Bosque compuesto por árboles autóctonos y no clasificado como plantación forestal.

CAMBIO EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO

Las existencias de carbono en un depósito cambian debido a pérdidas y ganancias. Cuando las pérdidas superan las ganancias, las existencias se reducen, y el depósito funciona como fuente; cuando las ganancias superan las pérdidas, se acumula carbono en los depósitos y éstos funcionan como sumideros.

CARBONO DEL SUELO

Carbono orgánico contenido en suelos minerales y orgánicos (incluyendo la turba) hasta una profundidad dada elegida por el país y aplicada de forma coherente a lo largo de la serie temporal. Las raíces finas vivas de menos

⁵ En el contexto del Protocolo de Kyoto, según lo estipulado por los Acuerdos de Marruecos, cf. párrafo 1 del Anexo a la decisión borrador –CMP.1 (Uso de la tierra, cambios en el uso de la tierra y silvicultura) contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, p. 58.

de 2 mm (o de otro diámetro elegido por el país para biomasa subterránea) se incluyen con la materia orgánica del suelo cuando no se las puede distinguir de esta última empíricamente.

CARBONO EN...

Véase el cuadro precedente; cantidad absoluta en toneladas, obtenida de multiplicar la cantidad de biomasa en el componente respectivo por la fracción de carbono aplicable, generalmente 50%.

COBERTURA FORESTAL

Véase cobertura de las copas forestales

COMBUSTIBLE DE MADERA

También combustibles basados en madera, biocombustibles derivados de la madera. Todos los tipos de biocombustibles que se originan directa o indirectamente de la biomasa maderera.

CONTENIDO DE CARBONO

Cantidad absoluta de carbono en un depósito o en partes de él.

CONVERSIÓN

Cambio de un uso de la tierra a otro.

CRECIMIENTO DE LA BIOMASA AÉREA

Peso secado en horno del incremento anual neto (s.b.) de un árbol, una arboleda o un bosque más el peso secado en horno del crecimiento anual de ramas, brotes, follaje, copas y cepas. Se utiliza aquí el término «crecimiento» en lugar de «incremento», dado que se tiende a entender a este último como referido al volumen venable.

DEFORESTACIÓN⁶

Conversión directa inducida por el hombre de tierra forestada a tierra no forestada.

DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA

Relación entre la masa secada en horno y el volumen de madera fresca de troncos sin corteza.

DEPÓSITO / DEPÓSITO DE CARBONO

Reservorio. Sistema que tiene la capacidad de acumular o liberar carbono. Constituyen ejemplos de depósitos de carbono la biomasa forestal, los productos de la madera, los suelos y la atmósfera. Se expresa en unidades de masa.

ESPECIES INTEGRADAS

Especie integrada fuera de su distribución normal pasada y presente.

ESTACIONAL (BOSQUE)

Bosques de hojas semicaducas con comportamiento estacional definido en las estaciones húmeda y seca, en áreas con lluvias de entre 1 200 y 2 000 mm por año.

EXISTENCIAS DE CARBONO

La cantidad de carbono que hay en un depósito.

EXISTENCIAS EN CRECIMIENTO

El volumen sobre corteza de todos los árboles vivos de más de X cm de diámetro a la altura del pecho. Incluye el tronco desde el nivel del suelo o cepa de altura hasta un diámetro superior de Y cm, pudiendo incluir también ramas de un diámetro mínimo de W cm. Los países indican los tres umbrales (X, Y, W en cm) y las partes de los árboles que no se incluyen en este volumen. Los países indican también si los valores declarados se refieren a volumen sobre el suelo o sobre la cepa. El diámetro se mide a 30 cm por encima del extremo de los tablares si estos tienen más de 1 metro de altura. Incluye árboles vivos derribados por el viento y excluye las ramas pequeñas, brotes, follaje, flores, semillas y raíces.

⁶ En el contexto del Protocolo de Kyoto, según lo estipulado por los Acuerdos de Marruecos, cf. párrafo 1 del Anexo a la decisión borrador –CMP.1 (Uso de la tierra, cambios en el uso de la tierra y silvicultura) contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, p. 58.

FACTOR DE CONVERSIÓN Y EXPANSIÓN DE LA BIOMASA (BCEF)

Factor de multiplicación que convierte el volumen venable de existencias en crecimiento, el volumen venable del incremento anual neto, o el volumen venable de recogida de madera o de recogidas de madera combustible en biomasa aérea, crecimiento de la biomasa aérea o recogidas de biomasa, respectivamente. Habitualmente, los factores de conversión y expansión de biomasa para existencias en crecimiento (BCEFs), para el incremento anual neto (BCEF_I) y para recogida de madera y recogidas de madera combustible (BCEF_R) difieren entre sí. Según se los emplea en estas directrices, sólo están referidos a componentes aéreos. Véase el Recuadro 4.2 para más detalles.

FACTOR DE EXPANSIÓN DE LA BIOMASA (BEF)

Factor de multiplicación que expande el peso en seco de *biomasa de existencias en crecimiento, incremento de biomasa* y *biomasa de recogida de madera o recogidas de madera combustible* para dar cuenta de los componentes de la biomasa no venables o no comerciales, tales como cepas, ramas, brotes, follaje y, a veces, árboles no comerciales. Habitualmente, los factores de expansión de biomasa para existencias en crecimiento (BEFs), para el incremento anual neto (BEF_I) y para recogida de madera y recogidas de madera combustible (BEF_R) difieren entre sí. Según se los emplea en estas directrices, los factores de expansión de biomasa sólo dan cuenta de los componentes aéreos. Véase el Recuadro 4.2 para más detalles.

FACTOR DE CONVERSIÓN

Multiplicador que transforma las unidades de medida de un elemento sin afectar su tamaño o cantidad. Por ejemplo, la densidad básica de la madera es un factor de conversión que transforma el volumen de la madera verde en peso en seco.

FRACCIÓN DE CARBONO

Toneladas de carbono por tonelada de materia seca de la biomasa

GESTIÓN FORESTAL⁷

Sistema de prácticas para la administración y el uso de tierras forestales destinado a cumplir importantes funciones ecológicas (incluida la diversidad biológica), económicas y sociales del bosque de manera sustentable.

GESTIÓN FORESTAL INTENSIVA

Régimen de gestión forestal en el que las prácticas de silvicultura definen la estructura y la composición de las arboledas forestales. Existe un plan de gestión forestal formal o informal.

Un bosque no se encuentra bajo gestión intensiva si son principalmente procesos ecológicos naturales los que definen la estructura y la composición de las arboledas.

HOJARASCA

Incluye toda la biomasa no viva con un tamaño mayor que el límite establecido para materia orgánica del suelo (sugerido 2 mm) y menor que el diámetro mínimo elegido para madera muerta (p. ej. 10 cm), que yace muerta, en diversos estados de descomposición por encima o dentro del suelo mineral u orgánico. Incluye la capa de hojarasca como se la define habitualmente en las tipologías de suelos. Las raíces finas por encima del suelo mineral u orgánico (por debajo del diámetro mínimo límite elegido para biomasa subterránea) se incluyen con la hojarasca cuando no se las puede distinguir de esta última empíricamente.

HUMEDAD (FORESTAL)

Los regímenes de humedad para las zonas boreal y templada se definen por la relación entre la precipitación media anual (MAP) y la potencial evapotranspiración (PET). Seco (MAP/PET < 1) y Húmedo (MAP/PET > 1); y, para zonas tropicales, sólo por la precipitación: Seco (MAP < 1000mm), Húmedo (MAP: 1 000-2 000 mm) y muy húmedo (MAP > 2 000 mm).

INCREMENTO ANUAL NETO

Volumen anual promedio de incremento bruto durante un período de referencia dado menos la mortalidad (véase arriba) de todos los árboles a un diámetro mínimo especificado a nivel del pecho. Como se la usa en el presente, no es el neto de las pérdidas debidas a perturbaciones (véase abajo).

⁷ La gestión forestal tiene un significado especial bajo los Acuerdos de Marruecos, lo que puede requerir una subdivisión de los bosques gestionados según lo descrito en el presente Capítulo.

INCREMENTO DE BIOMASA

Peso seco en horno del incremento anual neto (venable) de un árbol, una arboleda o un bosque.

INVENTARIO FORESTAL

Sistema para medir el alcance, la cantidad y el estado de un bosque, generalmente mediante muestreo:

Un conjunto de métodos de muestreo objetivos diseñados para cuantificar la distribución espacial, la composición y los índices de cambio de los parámetros forestales dentro de los niveles de precisión especificados a los efectos de la gestión;

El listado de datos de dicho muestreo. Se puede realizar para todos los recursos forestales, incluyendo árboles y demás vegetación, peces, insectos y vida silvestre, así como para árboles de la calle y árboles de bosques urbanos.

MADERA MUERTA

Incluye toda la biomasa maderera no viviente que no está contenida en la hojarasca, ya sea en pie, tendida en el suelo o enterrada. La madera muerta incluye la madera tendida en la superficie, raíces muertas y cepas de 10cm de diámetro o más (o del diámetro especificado por el país).

MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO

Incluye el carbono orgánico contenido en suelos minerales hasta una profundidad dada elegida por el país y aplicada de forma coherente a lo largo de la serie temporal. Las raíces finas vivas y muertas y la DOM que se encuentran dentro del suelo y que miden menos que el límite de diámetro mínimo (sugerido 2mm) para raíces y DOM se incluyen con la materia orgánica del suelo cuando no se las puede distinguir de esta última empíricamente. El valor por defecto para la profundidad del suelo es de 30cm y se brinda orientación sobre cómo determinar las profundidades específicas para cada país se incluyen en el Capítulo 2.3.3.1.

MATERIA SECA (D.M.)

Se refiere a la biomasa que se ha secado a un estado de secado en horno, a menudo a 70 °C.

MORTALIDAD

Los árboles que mueren naturalmente debido a competencia en la etapa de exclusión de tallos de una arboleda o bosque. Como se la usa en el presente, la mortalidad no incluye pérdidas debidas a perturbaciones (véase abajo).

MUY HÚMEDO (BOSQUE)

Los regímenes de humedad para las zonas boreal y templada se definen por la relación entre la precipitación media anual (MAP) y la potencial evapotranspiración (PET). Seco ($MAP/PET < 1$) y Húmedo ($MAP/PET > 1$); y, para zonas tropicales, sólo por la precipitación: Seco ($MAP < 1000\text{mm}$), Húmedo ($MAP: 1\ 000-2\ 000\ \text{mm}$) y muy húmedo ($MAP > 2\ 000\ \text{mm}$).

OTRAS PERTURBACIONES

Perturbaciones provocadas por factores que no sean el fuego, los insectos, ni las enfermedades. Puede incluir áreas afectadas por sequías, inundaciones, derribos por el viento, lluvia ácida, etc.

PÉRDIDA POR COSECHA

Diferencia entre el volumen venable estimado de existencias en crecimiento y el volumen real de la madera recolectada. Debido a diferentes reglas de medición para madera en pie y talada, las pérdidas son por sacudidas, quebraduras, defectos.

PERTURBACIÓN

Se define como una fluctuación ambiental o un evento destructivo que perturba la salud o la estructura del bosque, y/o que modifica los recursos o el ambiente físico a alguna escala espacial o temporal. Perturbaciones que afectan a la salud y la vitalidad, incluyendo agentes bióticos como insectos y enfermedades, y agentes abióticos, como el fuego, la contaminación y las condiciones climáticas extremas (véanse también, más adelante, mortalidad y otras perturbaciones).

PERTURBACIÓN POR ENFERMEDADES

Perturbaciones provocadas por enfermedades atribuibles a agentes patógenos, como las bacterias, los hongos, el fitoplasma o los virus.

PERTURBACIÓN POR FUEGO

Perturbación provocada por fuegos no controlados, independientemente de si se iniciaron dentro o fuera del bosque. Un incendio no controlado es todo incendio no planificado ni controlado en ambientes naturales que, independientemente de la fuente de ignición, puede requerir respuesta de supresión.

PERTURBACIÓN POR INSECTOS

Perturbación provocada por plagas causadas por insectos, perniciosas para la salud de los árboles.

PERTURBACIONES QUE REEMPLAZAN LAS ARBOLEDAS

Perturbaciones importantes que matan o eliminan todos los árboles existentes por encima de la vegetación del suelo forestal. Las perturbaciones menores dejan con vida a algunos árboles preexistentes.

PLANTACIÓN FORESTAL

Arboledas forestales creadas mediante plantación y/o sembrado en procesos de repoblación forestal o reforestación. Son de especies introducidas (todas arboledas plantadas) o arboledas de especies autóctonas bajo gestión intensiva, que cumplan con los siguientes criterios: una o dos especies en la plantación, incluso clase etárea, y espaciado regular.

RECOGIDA DE MADERA

La madera recogida (volumen de rollizos sobre corteza) para la producción de bienes y servicios que no sean de energía (madera combustible). El término recogida se diferencia de talas, ya que excluye los árboles talados que se dejan en el bosque. Incluye la recogida de talas de un período anterior y de árboles destruidos o dañados por causas naturales. También incluye las recogidas por gente del lugar y propietarios para su propio uso.

RECOGIDA DE MADERA COMBUSTIBLE

La madera recogida para la producción de energía, independientemente de si es para uso industrial, comercial o doméstico. La madera combustible incluye la madera que se recoge o se quita directamente de los bosques o de otras tierras madereras sólo cuando es para fines energéticos. Se excluye la madera combustible que se produce como subproducto o materia residual del procesamiento industrial de rollizos. Incluye la recogida de talas en un período temprano y de árboles destruidos o dañados por causas naturales. También incluye las recogidas por gente del lugar y propietarios para su propio uso.

REFORESTACIÓN⁸

Conversión directa inducida por el hombre de tierras no forestales a tierras forestales mediante plantación, siembra y/o la promoción inducida por el hombre de fuentes de semillas naturales, sobre tierras que estuvieron forestadas pero que se han convertido a tierras no forestadas. Durante el primer período de compromiso, las actividades de reforestación se limitan a la reforestación que se produce en aquellas tierras que no contenían forestación al 31 de diciembre de 1989.

REGENERACIÓN NATURAL

Restablecimiento de una arboleda forestal por medios naturales, es decir, por siembra natural o por regeneración vegetativa. Puede ser asistida por la intervención humana, p. ej., por escarificación del suelo o cercado para protegerla de la fauna silvestre o del pastoreo de animales domésticos.

RELACIÓN RAÍZ/TALLO

La relación entre la biomasa subterránea y la aérea; se aplica a la biomasa aérea, al crecimiento de esta última y a las remociones de biomasa, y puede diferir en cada uno de estos componentes.

REVEGETACIÓN⁹

Actividad directa inducida por el hombre para incrementar las existencias de carbono en terrenos mediante la instalación de vegetación que cubra una superficie mínima de 0,05 hectáreas y que no cumple con las definiciones de población forestal y de reforestación contenidas en el presente.

⁸ En el contexto del Protocolo de Kyoto, según lo estipulado por los Acuerdos de Marruecos, cf. párrafo 1 del Anexo a la decisión borrador –CMP.1 (Uso de la tierra, cambios en el uso de la tierra y silvicultura) contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, p. 58.

⁹ En el contexto del Protocolo de Kyoto, según lo estipulado por los Acuerdos de Marruecos, cf. párrafo 1 del Anexo a la decisión borrador –CMP.1 (Uso de la tierra, cambios en el uso de la tierra y silvicultura) contenido en el documento FCCC/CP/2001/13/Add.1, p. 58.

ROLLIZOS

Toda la madera redonda talada o cosechada y retirada de alguna manera; comprende toda la madera obtenida de recogidas, p. ej., cantidades recogidas de bosques y de árboles de fuera de los bosques, incluida la madera recuperada de talas o de pérdidas de la tala durante un cierto período. En la estadística de producción, representa la suma de madera combustible, incluyendo madera para carbón, troncos aserrados o en chapas, pulpa de madera y otras maderas redondas industriales. En la estadística comercial, representa la suma de rollizos industriales y madera combustible, incluso madera para carbón. Se declara en metros cúbicos, *sin la corteza*.

SABANA

Formaciones tropicales y subtropicales con una cobertura permanente de gramíneas interrumpida ocasionalmente por árboles y arbustos. Hay sabanas en África, América Latina, Asia y Australia.

SECO (BOSQUE)

Los regímenes de humedad para las zonas boreal y templada se definen por la relación entre la precipitación media anual (MAP, del inglés, *mean annual precipitation*) y la potencial evapotranspiración (PET). Seco ($MAP/PET < 1$) y Húmedo ($MAP/PET > 1$); y, para zonas tropicales, sólo por la precipitación: Seco ($MAP < 1000\text{mm}$), Húmedo ($MAP: 1\ 000\text{--}2\ 000\text{ mm}$) y muy húmedo ($MAP > 2\ 000\text{ mm}$).

SUELOS ARENOSOS

Incluye todos los suelos (independientemente de su clasificación taxonómica) que tienen $>70\%$ de arena y $<8\%$ de arcilla (en base a análisis de textura estándar (en la clasificación de la FAO incluye: Arenosoles, Regosoles arenosos)).

SUELOS DE ARCILLA DE BAJA ACTIVIDAD (LAC)

Los suelos con minerales de arcilla de baja actividad (LAC) son suelos muy erosionados por proporciones 1:1 de mineral de arcilla y óxidos amorfos de hierro y aluminio (la clasificación de la FAO incluye: Acrisoles, Nitosoles, Ferrasoles).

SUELOS ESPÓDICOS

Suelos que se caracterizan por una fuerte podzolización (en la clasificación de la FAO se incluyen muchos grupos podzólicos).

SUELOS ORGÁNICOS

Los suelos son orgánicos si satisfacen los requisitos 1 y 2, o 1 y 3 que se indican a continuación (FAO, 1998):

- 1) Espesor del horizonte orgánico $\geq 10\text{ cm}$. Un horizonte de menos de 20 cm debe tener un 12 por ciento o más de carbono orgánico cuando se encuentra mezclado a una profundidad de 20 cm.
- 2) Los suelos que nunca estén saturados de agua por más de unos pocos días deben contener más de un 20 por ciento de carbono orgánico en peso (es decir, alrededor de un 35 por ciento de materia orgánica).
- 3) Suelos que estén sujetos a episodios de saturación hídrica y que tengan:
 - a. Por lo menos, un 12 por ciento de carbono orgánico en peso (es decir, alrededor de un 20 por ciento de materia orgánica) si el suelo no contiene arcilla; o
 - b. Por lo menos, un 18 por ciento de carbono orgánico en peso (es decir, alrededor de un 30 por ciento de materia orgánica) si el suelo tiene un contenido de arcilla del 60% o mayor; o
 - c. Una cantidad intermedia y proporcional de carbono orgánico para cantidades intermedias de arcilla.

TALA

Volumen (sobre corteza) de todos los árboles, vivos o muertos, con un diámetro superior a 10 cm a la altura del pecho, talados anualmente en bosques u otras tierras madereras. Incluye el volumen de todos los árboles talados, se los recoja o no. Incluye el entresacado forestal y precomercial y las limpiezas de los árboles con más de 10 cm de diámetro que se dejan en el bosque, y las pérdidas naturales que se recuperan.

Nota: En estas directrices, se utilizan solamente los términos «recogida de madera» y «recogidas de madera combustible», coherentes con la Evaluación de Recursos Forestales mundiales (GFRA, del inglés *Global Forest Resources Assessment*) de 2005. Generalmente, las recogidas son un conjunto de talas.

TIERRA GESTIONADA

Aquella en la que hubo intervención humana y donde se han aplicado prácticas para la realización de actividades de producción, ecológicas o sociales.

TIERRAS FORESTALES

Esta categoría incluye todas las tierras con vegetación maderera coherente con los umbrales utilizados para definir a las Tierras forestales en el inventario nacional de gases de efecto invernadero. Incluye también los sistemas con una estructura de vegetación que actualmente no alcanza, pero que, *in situ*, podría alcanzar los valores límite usados por un país para definir la categoría de Tierras forestales.

TOTAL DE BIOMASA

Existencias de biomasa en crecimiento de árboles, arboledas o bosques, más la biomasa de las ramas, brotes, follaje, semillas, cepas y, a veces, de árboles no comerciales. Se diferencia en biomasa aérea / biomasa subterránea (véase arriba). Si no es motivo de malentendidos, es también posible utilizar simplemente «biomasa» con el mismo significado.

TOTAL DE CRECIMIENTO DE BIOMASA

Biomasa del incremento anual neto (véase arriba) de árboles, arboledas o bosques, más la biomasa del crecimiento de ramas, brotes, follaje, semillas, cepas y, a veces, árboles no comerciales. Se diferencia en crecimiento de biomasa aérea y crecimiento de biomasa subterránea (véase arriba). Si no es motivo de malentendidos, es también posible utilizar simplemente «crecimiento de biomasa» con el mismo significado. Se utiliza aquí el término «crecimiento» en lugar de «incremento», dado que se tiende a entender a este último como referido al volumen venable.

TURBA (TAMBIÉN HISTOSOL)

El suelo típico de los humedales, con un alto nivel freático y una capa orgánica de por lo menos 40 cm de espesor (suelo orgánico con mal drenaje).

VOLUMEN BAJO CORTEZA

Existencias en crecimiento o venables de madera sin corteza. Véase lo citado precedentemente.

VOLUMEN DE SOBRE CORTEZA

Existencias en crecimiento o venables de madera medidas por fuera; es decir, con la corteza. La corteza incrementa el volumen total en un 5 al 25%, según el diámetro del árbol y del espesor de la corteza de las especies. El promedio ponderado de porcentaje de corteza calculado a partir de los datos del TBFRA 200 es del 11% del volumen sin corteza.

VOLUMEN VENABLE

Aquel sobre corteza de todos los árboles definido empleando las condiciones descritas para existencias en crecimiento. Además, puede aplicarse a existencias en crecimiento, así como al incremento anual neto y a las recogidas de madera.

Referencias

- Australian Greenhouse Gas Office (AGO) (2002). Greenhouse Gas Emissions from Land Use Change in Australia: An Integrated Application of the National Carbon Accounting System (2002).
- Andreae, M.O. and Merlet, P. (2001). Emission of trace gases and aerosols from biomass burning. *Global Biogeochemical Cycles* **15**: 955-966.
- Armentano, T.V. and Menges, E.S. (1986). Patterns of change in the carbon balance of organic soil-wetlands of the temperate zone. *Journal of Ecology* **74**: 755-774.
- Baker, T.R., Phillips, O.L., Malhi, Y., Almeida, S., Arroyo, L., Di Fiore, A., Erwin, T., Higuchi, N., Killeen, T.J., Laurance, S.G., Laurance, W.F., Lewis, S.L., Monteagudo, A., Neill, D.A., Vargas, P.N., Pitman, N.C.A., Silva, J.N.M. and Martínez, R.V. (2004a). Increasing biomass in Amazonian forest plots. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* **359**: 353-365.
- Baker, T.R., Phillips, O.L., Malhi, Y., Almeida, S., Arroyo, L., Di Fiore, A., Erwin, T., Killeen, T.J., Laurance, S.G., Laurance, W.F., Lewis, S.L., Lloyd, J., Monteagudo, A., Neill, D.A., Patiño, S., Pitman, N.C.A., Silva, J.N.M. and Martínez, R.V. (2004b). Variation in wood density determines spatial patterns in Amazonian forest biomass. *Global Change Biology* **10**: 545-562.
- Barbosa, R.I. and Fearnside, P.M. (2004). Andreae, M.O. and Merlet, P. (2001). *Forest Ecology and Management* **199**: 115-123.
- Battles, J.J., Armesto, J.J., Vann, D.R., Zarin, D.J., Aravena, J.C., Pérez, C. and Johnson, A.H. (2002). Vegetation composition, structure, and biomass of two unpolluted watersheds in the Cordillera de Piuchué, Chiloé Island, Chile. *Plant Ecology* **158**: 5-19.
- Beets, P.N., Gilchrist, K. and Jeffreys, M.P. (2001). Wood density of radiata pine: Effect of nitrogen supply. *Forest Ecology and Management* **145**: 173-180.
- Bhatti, J.S., Apps, M.J., and Jiang, H. (2001). Examining the carbon stocks of boreal forest ecosystems at stand and regional scales. In: Lal R. et al. (eds.) *Assessment Methods for Soil Carbon*, Lewis Publishers, Boca Raton FL, pp. 513-532.
- Cairns, M.A., Brown, S., Helmer, E.H. and Baumgardner, G.A. (1997). Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia* **111**: 1-11.
- Cannell, M.G.R. (1982). World forest biomass and primary production data. Academic Press, New York, NY.
- Centre Technique Forestier Tropical (CTFT) (1989). Memento du Forestier, 3e Édition. Ministère Français de la Coopération et du Développement, Paris, France.
- Chambers, J.Q., Tribuzy, E.S., Toledo, L.C., Crispim, B.F., Higuchi, N., dos Santos, J., Araújo, A.C., Kruijt, B., Nobre, A.D. and Trumbore, S.E. (2004). Respiration from a tropical forest ecosystem: Partitioning of sources and low carbon use efficiency. *Ecological Applications* **14**: S72-S88.
- Chambers, J.Q., dos Santos, J., Ribeiro, R.J., and Higuchi, N. (2001a). Tree damage, allometric relationships, and above-ground net primary production in a tropical forest. *Forest Ecology and Management* **152**: 73-84.
- Chambers, J.Q., Schimel, J.P. and Nobre, A.D. (2001b). Respiration from coarse wood litter in Central Amazon Forests. *Biogeochemistry* **52**: 115-131.
- Clark, D.A., Piper, S.C., Keeling, C.D. and Clark, D.B. (2003). Tropical rain forest tree growth and atmospheric carbon dynamics linked to interannual temperature variation during 1984-2000. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* **100**: 5852-5857.
- de Groot, W.J., Bothwell, P.M., Carlsson, D.H. and Logan, K.A. (2003). Simulating the effects of future fire regimes on western Canadian boreal forests. *Journal of Vegetation Science* **14**: 355-364.
- DeWalt, S.J. and Chave, J. (2004). Structure and biomass of four lowland Neotropical forests. *Biotropica* **36**: 7-19.
- Dietz, P. (1975). Dichte und Rindengehalt von Industrieholz. *Holz Roh- Werkstoff* **33**: 135-141.
- Dixon, R.K., Brown, S., Houghton, R.A., Solomon, A.M., Trexler, M.C. and Wisniewski, J. (1994). Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science* **263**(1544): 185-190.
- Dong, J., Kaufmann, R.K., Myneni, R.B., Tucker, C.J., Kauppi, P.E., Liski, J., Buermann, W., Alexeyev, V. and Hughes, M.K. (2003). Remote sensing estimates of boreal and temperate forest woody biomass: Carbon pools, sources, and sinks. *Remote Sensing of Environment* **84**: 393-410.

- Dubé, S., Plamondon, A.P. and Rothwell, R.L. (1995). Watering up after clear-cutting on forested wetlands of the St. Lawrence lowland. *Water Resources Research* **31**:1741-1750.
- Echeverria, C. and Lara, A. (2004). Growth patterns of secondary *Nothofagus obliqua*-N. alpina forests in southern Chile. *Forest Ecology and Management* **195**: 29-43.
- Ellert, B.H., Janzen, H.H. and McConkey, B.G. (2001). Measuring and comparing soil carbon storage. In: R. Lal, J.M. Kimble, R.F. Follett and B.A. Stewart (eds.). *Soil Management for Enhancing Carbon Sequestration*. CRC Press, Boca Raton, FL., pp. 593-610.
- Falloon, P. and Smith, P. (2003). Accounting for changes in soil carbon under the Kyoto Protocol: need for improved long-term data sets to reduce uncertainty in model projections. *Soil Use and Management*, **19**, 265-269.
- Fearnside, P.M. (1997). Wood density for estimating forest biomass in Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management* **90**: 59-87.
- Feldpausch, T.R., Rondon, M.A., Fernandes, E.C.M. and Riha, S.J. (2004). Carbon and nutrient accumulation in secondary forests regenerating on pastures in central Amazonia. *Ecological Applications* **14**: S164-S176.
- Filipchuk, A.N., Strakhov, V.V., Borisov, B.A. *et al.* (2000). A Brief National Overview on Forestry Sector and Wood Products: Russian Federation. UN ECE, FAO. New York, Geneva. ECE/TIM/SP/18, p. 94 (In Russian).
- Fittkau, E.J. and Klinge, N.H. (1973). On biomass and trophic structure of the central Amazonian rainforest ecosystem. *Biotropica* **5**: 2-14.
- Food and Agriculture Organization (FAO) 2001. Global forest resources assessment 2000. FAO, Rome, Italy.
- Food and Agriculture Organization (FAO) 2006. Global forest resources assessment 2005. FAO, Rome, Italy.
- Gayoso, J. and Schlegel, B. (2003). Estudio de línea de base de carbono: Carbono en bosques nativos, matorrales y praderas de la Décima Región de Chile. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Gayoso, J., Guerra, J. and Alarcón, D. (2002). Contenido de carbono y funciones de biomasa en especies nativas y exóticas. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Gower, S.T., Krankina, O., Olson, R.J., Apps, M., Linder, S. and Wang, C. (2001). Net primary production and carbon allocation patterns of boreal forest ecosystems. *Ecological Applications* **11**: 1395-1411.
- Hall, G.M.J. (2001). Mitigating an organization's future net carbon emissions by native forest restoration. *Ecological Applications* **11**: 1622-1633.
- Hall, G.M.J. and Hollinger, D. Y. (1997). Do the indigenous forests affect the net CO₂ emission policy of New Zealand? *New Zealand Forestry* **41**: 24-31.
- Hall, G.M.J., Wiser, S.K., Allen, R.B., Beets, P.N. and Goulding, C.J. (2001). Strategies to estimate national forest carbon stocks from inventory data: The 1990 New Zealand baseline. *Global Change Biology* **7**: 389-403.
- Harmand, J.M., Njiti, C.F., Bernhard-Reversat, F. and Puig, H. (2004). Aboveground and belowground biomass, productivity and nutrient accumulation in tree improved fallows in the dry tropics of Cameroon. *Forest Ecology and Management* **188**: 249-265.
- Harmon, M.E. and Marks, B. (2002). Effects of silvicultural practices on carbon stores in Douglas-fir-western hemlock forests in the Pacific Northwest, USA: results from a simulation model. *Canadian Journal of Forest Research* **32** (5): 863-877.
- Harmon, M.E., Franklin, J.F., Swanson, F.J., Sollins, P., Gregory, S.V., Lattin, J.D., Anderson, N.H., Cline, S.P., Aumen, N.G., Sedell, J.R., Lienkaemper, G.W., Cromack, J.R. and Cummins, K.W. (1986). Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Advances in Ecological Research* **15**: 133-302.
- Hessl, A.E., Milesi, C., White, M.A., Peterson, D.L. and Keane, R. (2004). Ecophysiological parameters for Pacific Northwest trees. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Portland, OR.
- Hinds, H.V. and Reid, J.S. (1957). Forest trees and timbers of New Zealand. New Zealand Forest Service Bulletin 12: 1-221.
- Hughes, R.F., Kauffman, J.B. and Jaramillo, V.J. (1999). Biomass, carbon, and nutrient dynamics of secondary forests in a humid tropical region of México. *Ecology* **80**: 1892-1907.
- Hughes, R.F., Kauffman, J.B. and Jaramillo-Luque, V.J. (2000). Ecosystem-scale impacts of deforestation and land use in a humid tropical region of México. *Ecological Applications* **10**: 515-527.

- IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories. Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Tréanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. Callander B.A. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA, París, Francia.
- IPCC (2003). Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Penman J., Gytarsky M., Hiraishi T., Krug, T., Kruger D., Pipatti R., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K., Wagner F. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/IGES, hayama, Japan.
- Jenkins, J.C., Chojnacky, D.C., Heath, L.S. and Birdsey, R.A. (2004). Comprehensive database of diameter-based biomass regressions for North American tree species. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Newtown Square, PA.
- Jobbagy, E.G. and Jackson, R.B. (2000). The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecological Applications* **19**(2):423-436.
- Johnson, D.W., and Curtis, P.S. (2001). Effects of forest management on soil C and N storage: meta analysis. *Forest Ecology and Management* **140**: 227-238.
- Johnson, D.W., Knoepp, J.D. and Swank, W.T. (2002). Effects of forest management on soil carbon: results of some long-term resampling studies. *Environment Pollution* **116**: 201-208.
- Knigge, W. and Schulz, H. (1966). Grundriss der Forstbenutzung. Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin.
- Köppen, W. (1931). Grundriss der Klimakunde. Walter deGruyter Co., Berlin, Germany.
- Kraenzel, M., Castillo, A., Moore, T. and Potvin, C. (2003). Carbon storage of harvest-age teak (*Tectona grandis*) plantations, Panama. *Forest Ecology and Management* **173**: 213-225.
- Kurz, W.A., Apps, M.J., Banfield, E. and Stinson, G. (2002). Forest carbon accounting at the operational scale. *The Forestry Chronicle* **78**: 672-679.
- Kurz, W.A. and Apps, M.J. (2006). Developing Canada's national forest carbon monitoring, accounting and reporting system to meet the reporting requirements of the Kyoto Protocol. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* **11**(1): 33-43.
- Kurz, W.A., Apps, M.J., Webb, T.M. and McNamee, P.J. (1992). The carbon budget of the Canadian forest sector: phase I. Forestry Canada, Northwest Region. Information Report NOF-X-326, 93 pp.
- Kurz, W.A., Beukema, S.J. and Apps, M.J. (1998). Carbon budget implications of the transition from natural to managed disturbance regimes in forest landscapes. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* **2**:405-421.
- Kurz, W.A., Beukema, S.J. and Apps, M.J. (1996). Estimation of root biomass and dynamics for the carbon budget model of the Canadian forest sector. *Can. J. For. Res.* **26**:1973-1979.
- Lamloom, S.H. and Savidge, R.A. (2003). A reassessment of carbon content in wood: variation within and between 41 North American species. *Biomass and Bioenergy* **25**: 381-388.
- Lasco, R.D. and Pulhin, F.B. (2003). Philippine forest ecosystems and climate change: Carbon stocks, rate of sequestration and the Kyoto Protocol. *Annals of Tropical Research* **25**: 37-51.
- Levy, P.E., Hale, S.E. and Nicoll, B.C. (2004). Biomass expansion factors and root:shoot ratios for coniferous tree species in Great Britain. *Forestry* **77**: 421-430.
- Li, C. and Apps, M.J. (2002). Fire Regimes and the Carbon Dynamics of Boreal Forest Ecosystems. In Shaw C. and Apps MJ (Eds). The role of Boreal Forests and Forestry in the Global Carbon Budget, Northern Forestry Centre Report Fo42-334/2000E, 107-118.
- Li, C., Kurz, W.A., Apps, M.J. and Beukema, S.J. (2003). Belowground biomass dynamics in the Carbon Budget Model of the Canadian Forest Sector: recent improvements and implications for the estimation of NPP and NEP. *Canadian Journal of Forest Research* **33**: 126-136.
- Liski, J., Pussinen, A., Pingoud, K., Makipaa, R. and Karjalainen, T. (2001). Which rotation length is favourable to carbon sequestration? *Canadian Journal of Forest Research* **31**: 2004-2013.
- Loveland, T.R., Reed, B.C., Brown, J.F., Ohlen, D.O., Zhu, Z., Yang, L. and Merchant, J.W. (2000). Development of a global land cover characteristics database and IGBP DISCover from 1-km AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing* **21**: 1303-1330.
- Lugo, A.E., Wang, D. and Bormann, F.H. (1990). A comparative analysis of biomass production in five tropical tree species. *Forest Ecology and Management* **31**: 153-166.

- Malhi, Y., Baker, T.R., Phillips, O.L., Almeida, S., Alvarez, E., Arroyo, L., Chave, J., Czimczik, C.I., Di Fiore, A., Higuchi, N., Killeen, T.J., Laurance, S.G., Laurance, W.F., Lewis, S.L., Montoya, L.M.M., Monteagudo, A., Neill, D.A., Vargas, P.N., Patiño, S., Pitman, N.C.A., Quesada, C.A., Salomões, R., Silva, J.N.M., Lezama, A.T., Martínez, R.V., Terborgh, J., Vinceti, B. and Lloyd, J. (2004). The above-ground coarse wood productivity of 104 Neotropical forest plots. *Global Change Biology* **10**: 563-591.
- Matthews, G.A.R. (1993). The carbon content of trees. UK Forestry Commission, Edinburgh, UK.
- McGroddy, M.E., Daufresne, T. and Hedin, L.O. (2004). Scaling of C:N:P stoichiometry in forests worldwide: Implications of terrestrial Redfield-type ratios. *Ecology* **85**: 2390-2401.
- McKenzie, N.J., Cresswell, H.P., Ryan, P.J. and Grundy, M. (2000). Opportunities for the 21st century: Expanding the horizons for soil, plant, and water analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* **31**: 1553-1569.
- Mokany, K., Raison, J.R. and Prokushkin, A.S. (2006). Critical analysis of root:shoot ratios in terrestrial biomes. *Global Change Biology* **12**: 84-96.
- Monte, L., Hakanson, L., Bergstrom, U., Brittain, J. and Heling, R. (1996). Uncertainty analysis and validation of environmental models: the empirically based uncertainty analysis. *Ecological Modelling* **91**:139-152.
- Montès, N., Bertaudière-Montes, V., Badri, W., Zaoui, E.H. and Gauquelin, T. (2002). Biomass and nutrient content of a semi-arid mountain ecosystem: the *Juniperus thurifera* L. woodland of Azzaden Valley (Morocco). *Forest Ecology and Management* **166**: 35-43.
- Nygård, R., Sawadogo, L. and Elfving, B. (2004). Wood-fuel yields in short-rotation coppice growth in the north Sudan savanna in Burkina Faso. *Forest Ecology and Management* **189**: 77-85.
- Ogle, S.M., Breidt, F.J., Eve, M.D. and Paustian, K. (2003). Uncertainty in estimating land use and management impacts on soil organic carbon storage for U.S. agricultural lands between 1982 and 1997. *Global Change Biology* **9**:1521-1542.
- Ogle, S.M., Breidt, F.J. and Paustian, K. (2006). Bias and variance in model results associated with spatial scaling of measurements for parameterization in regional assessments. *Global Change Biology* **12**:516-523.
- Post, W.M. and Kwon, K.C. (2000). Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential. *Global Change Biology* **6**:317-327.
- Poupon, H. (1980). Structure et dynamique de la strate ligneuse d'une steppe Sahélienne au nord du Sénégal. Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, Paris, France.
- Powers, J.S., Read, J.M., Denslow, J.S. and Guzman, S.M. (2004). Estimating soil carbon fluxes following land-cover change: a test of some critical assumptions for a region in Costa Rica. *Global Change Biology* **10**:170-181.
- Pregitzer, K.S. (2003). Woody plants, carbon allocation and fine roots. *New Phytologist* **158** (3): 421-424.
- Reyes, G., Brown, S., Chapman, J. and Lugo, A.E. (1992). Wood densities of tropical tree species. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, New Orleans, LA.
- Rijsdijk, J.F. and Laming, P.B. (1994). Physical and related properties of 145 timbers. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands.
- Saldarriaga, J.G., West, D.C., Tharp, M.L. and Uhl, C. (1988). Long term chronosequence of forest succession in the upper Rio Negro of Colombia and Venezuela. *Journal of Ecology* **76**: 938-958.
- Scott, N.A., Tate, K.R., Giltrap, D.J., *et al.* (2002). Monitoring land-use change effects on soil carbon in New Zealand: quantifying baseline soil carbon stocks. *Environmental Pollution* **116**: 167-186.
- Sebei, H., Albouchi, A., Rapp, M. and El Aouni, M.H. (2001). Évaluation de la biomasse arborée et arbustive dans une séquence de dégradation de la suberaie à Cytise de Kroumirie (Tunisie). *Annals of Forest Science* **58**: 175-191.
- Siltanen, et al. (1997). A soil profile and organic carbon data base for Canadian forest and tundra mineral soils. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Northern Forestry Centre, Edmonton, Alberta.
- Singh, K. and Misra, R. (1979). Structure and Functioning of Natural, Modified and Silvicultural Ecosystems in Eastern Uttar Pradesh. Banras Hindu University, Varanasi, India.
- Singh, S.S., Adhikari, B.S. and Zobel, D.B. (1994). Biomass, productivity, leaf longevity, and forest structure in the central Himalaya. *Ecological Monographs* **64**: 401-421.

- Smith, J.E. and Heath, L.S. (2001). Identifying influences on model uncertainty: an application using a forest carbon budget model. *Environmental Management* **27**:253-267.
- Smithwick, E.A.H., Harmon, M.E., Remillard, S.M., Acker, S.A. and Franklin, J.F. (2002). Potential upper bounds of carbon stores in forests of the Pacific Northwest. *Ecological Applications* **12**: 1303-1317.
- Somogyi, Z., Cienciala, E., Mäkipää, R., Muukkonen, P., Lehtonen, A. and Weiss, P. (2006). Indirect methods of large-scale forest biomass estimation. *European Journal of Forest Research*. DOI: 10.1007/s10342006-0125-7.
- Stape, J.L., Binkley, D. and Ryan, M.G. (2004). Eucalyptus production and the supply, use and efficiency of use of water, light and nitrogen across a geographic gradient in Brazil. *Forest Ecology and Management* **193**: 17-31.
- Stephens, P., Trotter, C., Barton, J., Beets, P., Goulding, C., Moore, J., Lane, P. and Payton, I. (2005). Key elements in the development of New Zealand's carbon monitoring, accounting and reporting system to meet Kyoto Protocol LULUCF good practice guidance, Poster paper presented at IUFRO World Congress, Brisbane Australia, August 2005.
- Stocks, B.J., Mason, J.A., Todd, J.B., Bosch, E.M., Wotton, B.M., Amiro, B.D., Flannigan, M.D., Hirsch, K.G., Logan, K.A., Martell, D.L., and Skinner, W.R. (2002). "Large forest fires in Canada, 1959 – 1997", *Journal of Geophysical Research*, **107**, 8149 [printed 108(D1), 2003].
- Trotter, C., Barton, J., Beets, P., Goulding, C., Lane, P., Moore, J., Payton, I., Rys, G., Stephens, P., Tate, K. and Wakelin, S. (2005). New Zealand's approach to forest inventory under the UNFCCC and Kyoto Protocol. Proceedings of the International Workshop of Forest Inventory for the Kyoto Protocol (Eds Matsumoto, M. and Kanomata, H.), pp. 33–43, published by: Division of Policy and Economics, Forestry and Forest Products Research Institute, 1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki, 305-8687, Japan.
- Trotter, C.M. (1991). Remotely sensed data as an information source for Geographical Information Systems in natural resource management. *International Journal of Geographical Information Systems* **5**, No. 2, 225-240.
- Ugalde, L. and Perez, O. (2001). Mean annual volume increment of selected industrial forest plantation species. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
- VandenBygaart, A.J., Gregorich, E.G., Angers, D.A., *et al.* (2004). Uncertainty analysis of soil organic carbon stockchange in Canadian cropland from 1991 to 2001. *Global Change Biology* **10**:983-994.
- Wulder, M., Kurz, W.A. and Gillis, M. (2004). National level forest monitoring and modeling in Canada, Progress in Planning, Volume 61:365-381.
- Zianis, D., Muukkonen, P., Mäkipää, R. and Mencuccini, M. (2005). Biomass and stem volume equations for tree species in Europe. *Silva Fennica*, Monographs 4. 63. p.

CAPÍTULO 5

TIERRAS DE CULTIVO

Autores

Rodel D. Lasco (Filipinas), Stephen Ogle (Estados Unidos), John Raison (Australia), Louis Verchot (ICRAF/Estados Unidos), Reiner Wassmann (Alemania) y Kazuyuki Yagi (Japón)

Sumana Bhattacharya (India), John S. Brenner (Estados Unidos), Julius Partson Daka (Zambia), Sergio P. González (Chile), Thelma Krug (Brasil), Yue Li (China), Daniel L. Martino (Uruguay), Brian G. McConkey (Canadá), Pete Smith (Reino Unido), Stanley C. Tyler (Estados Unidos) y Washington Zhakata (Zimbabwe)

Autores colaboradores

Ronald L. Sass (Estados Unidos) y Xiaoyuan Yan (China)

Índice

5	Tierras de cultivo	
5.1	Introducción	5.6
5.2	tierras de cultivo que permanecen como tales	5.7
5.2.1	Biomasa	5.7
5.2.1.1	Elección de métodos	5.7
5.2.1.2	Elección de los factores de emisión	5.8
5.2.1.3	Elección de los datos de la actividad	5.12
5.2.1.4	Pasos de cálculo para los Niveles 1 y 2	5.12
5.2.1.5	Evaluación de incertidumbre	5.13
5.2.2	Materia orgánica muerta	5.14
5.2.2.1	Elección del método	5.14
5.2.2.2	Elección de los factores de emisión/absorción	5.15
5.2.2.3	Elección de los datos de la actividad	5.16
5.2.2.4	Pasos de cálculo para los Niveles 1 y 2	5.16
5.2.2.5	Evaluación de incertidumbre	5.17
5.2.3	Carbono del suelo	5.17
5.2.3.1	Elección del método	5.17
5.2.3.2	Elección de los factores de cambio de existencias y de emisión	5.18
5.2.3.3	Elección de los datos de la actividad	5.22
5.2.3.4	Pasos de cálculo para el Nivel 1	5.26
5.2.3.5	Evaluación de incertidumbre	5.27
5.2.4	Emisiones de gases de efecto invernadero no CO ₂ a partir del quemado de biomasa	5.28
5.2.4.1	Elección del método	5.28
5.2.4.2	Elección de los factores de emisión	5.29
5.2.4.3	Elección de los datos de la actividad	5.29
5.2.4.4	Evaluación de incertidumbre	5.30
5.3	Tierras convertidas en tierras de cultivo	5.30
5.3.1	Biomasa	5.30
5.3.1.1	Elección de métodos	5.30
5.3.1.2	Elección de los factores de emisión/absorción	5.32
5.3.1.3	Elección de los datos de la actividad	5.34
5.3.1.4	Pasos de cálculo para los Niveles 1 y 2	5.35
5.3.1.5	Evaluación de incertidumbre	5.35
5.3.2	Materia orgánica muerta	5.36
5.3.2.1	Elección del método	5.37
5.3.2.2	Elección de los factores de emisión/absorción	5.38
5.3.2.3	Elección de los datos de la actividad	39

5.3.2.4	Pasos de cálculo para los Niveles 1 y 2	5.39
5.3.2.5	Evaluación de incertidumbre	5.41
5.3.3	Carbono del suelo.....	5.41
5.3.3.1	Elección del método	5.42
5.3.3.2	Elección de los factores de cambio de existencias y de emisión	5.43
5.3.3.3	Elección de los datos de la actividad.....	5.44
5.3.3.4	Pasos de cálculo para el Nivel 1	5.45
5.3.3.5	Evaluación de incertidumbre.....	5.46
5.3.4	Emisiones de gases de efecto invernadero no CO ₂ a partir del quemado de biomasa	5.46
5.3.4.1	Elección del método	5.46
5.3.4.2	Elección de los factores de emisión.....	5.47
5.3.4.3	Elección de los datos de la actividad	5.47
5.3.4.4	Evaluación de incertidumbre	5.48
5.4	Exhaustividad, series temporales, GC/CC y generación de informes	5.48
5.4.1	Exhaustividad.....	5.48
5.4.2	Desarrollo de una serie temporal coherente	5.49
5.4.3	Garantía de calidad y control de calidad	5.50
5.4.4	Generación de informes y documentación	5.51
5.5	Emisiones de metano del cultivo del arroz.....	5.52
5.5.1	Elección del método	5.52
5.5.2	Elección de los factores de emisión y de ajuste.....	5.56
5.5.3	Elección de los datos de la actividad.....	5.59
5.5.4	Evaluación de incertidumbre.....	5.60
5.5.5	Exhaustividad, series temporales, GC/CC y generación de informes	5.61
Anexo 5A.1	Estimación de los factores de cambio de existencias por defecto para emisiones/absorciones de C de suelos minerales en tierras de cultivo	5.63
Referencias.....		5.63

Ecuaciones

Ecuación 5.1	Emisiones de CH ₄ producidas por el cultivo del arroz	5.53
Ecuación 5.2	Factor ajustado de emisión diaria	5.56
Ecuación 5.3	Factores de ajuste de emisión de CH ₄ adaptado para agregados orgánicos.....	5.58

Figuras

Figura 5.1	Esquema de clasificación para sistemas de tierras de cultivo.	5.25
Figura 5.2	Árbol de decisiones para las emisiones de CH ₄ resultantes de la producción de arroz	5.55

Cuadros

Cuadro 5.1	Coeficientes por defecto de biomasa leñosa aérea y ciclos de cosecha en sistemas de cultivo que contienen especies perennes	5.10
Cuadro 5.2	Depósito potencial de C en sistemas agroforestales de diferentes ecorregiones del mundo.....	5.10
Cuadro 5.3	Biomasa aérea por defecto para distintos tipos de tierras de cultivo de especies perennes (ton há ⁻¹).....	5.11
Cuadro 5.4	Ejemplos de subcategorías de tierras de cultivos perennes que pueden estar presentes en un país	5.12
Cuadro 5.5	Factores relativos de cambio de existencias (F _{LU} , F _{MG} , y F _I) (durante 20 años) para diferentes actividades de gestión en tierras de cultivo	5.20
Cuadro 5.7	Ejemplo de una matriz simple de perturbación (Nivel 2) para los impactos de las actividades de conversión en depósitos de carbono	5.32
Cuadro 5.8	Existencias de carbono en la biomasa por defecto que se eliminan debido a la conversión en tierras de cultivo	5.33
Cuadro 5.9	Existencias de carbono en biomasa por defecto presentes en tierras convertidas en tierras de cultivo durante el año siguiente a la conversión	5.33
Cuadro 5.10	Factores de cambio en las existencias del suelo (F _{LU} , F _{MG} , F _I) para conversiones del uso de la tierra en tierras de cultivo.....	5.43
Cuadro 5.11	Factor básico y por defecto de emisión de CH ₄ suponiendo que no hay inundación durante menos de 180 días previos al cultivo del arroz e inundación permanente durante el cultivo del arroz, sin abonos orgánicos.....	5.57
Cuadro 5.12	Factores de ajuste por defecto de la emisión de CH ₄ para regímenes hídricos durante el período de cultivo relativos a campos permanentemente inundados.....	5.57
Cuadro 5.13	Factores de ajuste por defecto de la emisión de CH ₄ para regímenes hídricos previos al período de cultivo.....	5.58
Cuadro 5.14	Factor de conversión por defecto para diferentes tipos de abonos orgánicos	5.59

Recuadros

Recuadro 5.1	Depósitos de carbono pertinentes para las tierras de cultivo.....	5.6
Recuadro 5.2	Condiciones que inciden sobre las emisiones de CH ₄ producidas por el cultivo del arroz	5.54

5 TIERRAS DE CULTIVO

5.1 INTRODUCCIÓN

En esta sección se suministra una metodología por niveles para estimar y declarar las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de las tierras de cultivo. Las tierras de cultivo incluyen terrenos arables y labrables, campos de arroz y sistemas agroforestales en los que la estructura de la vegetación está por debajo de los umbrales utilizados para la categoría tierras forestales, y no se espera que se los exceda en el futuro. Las tierras de cultivo incluyen todos los cultivos anuales y perennes, así como barbecho temporario (es decir, tierra que se deja descansar durante uno o varios años antes de volver a cultivarla). Los cultivos anuales incluyen: cereales, oleaginosas, legumbres, raíces y tubérculos, y forrajes. Los cultivos perennes incluyen árboles y arbustos, en combinación con cultivos herbáceos (p. ej., agroforestación) o en forma de huertos, viñas y plantaciones, como los de cacao, café, té, palma noli, coco, árboles de caucho y bananas, excepto donde tales tierras cumplen con los criterios para su categorización como tierras forestales. Se incluyen bajo tierras de cultivo las tierras arables que normalmente se utilizan para cultivos anuales pero que, temporalmente, se emplean para cultivos de forraje o para pastura, como parte de una rotación anual cultivo-pastura (sistema mixto).

La cantidad de carbono almacenado en las tierras de cultivo permanentes, así como la emitida o absorbida depende del tipo de cultivo, de las prácticas de gestión, y de las variables del suelo y del clima. Por ejemplo, los cultivos anuales (cereales, legumbres) se cosechan todos los años, por lo que no hay un almacenamiento de largo plazo del carbono en la biomasa. En cambio, la vegetación leñosa perenne de los huertos, las viñas y los sistemas agroforestales puede implicar significativos depósitos de carbono en biomasa de larga vida, donde la cantidad depende del tipo de especies y cultivar, de la densidad, de las tasas de crecimiento, y de las prácticas de cosecha y de poda. Las existencias de carbono en el suelo pueden ser significativas y los cambios en las existencias pueden producirse conjuntamente con los ocurridos en las propiedades del suelo y en las prácticas de gestión, incluyendo tipo y rotación de cultivos, labranza, drenaje, gestión de desechos y agregados orgánicos. El quemado de residuos de cultivos produce una cantidad significativa de gases de efecto invernadero no CO₂ y se suministran los métodos de cálculo.

Hay orientación aparte para *tierras de cultivo que permanecen como tales* (CC) y para *tierras convertidas en tierras de cultivo* (LC), dada la diferencia en la dinámica del carbono. Habitualmente, las conversiones en el uso de la tierra a tierras de cultivo de tierras forestales, pastizales y humedales traen como resultado una pérdida neta de carbono de la biomasa y el suelo, así como la liberación de N₂O a la atmósfera. No obstante, en las tierras de cultivo establecidas en tierras que previamente tenían una vegetación dispersa o con muchas perturbaciones (p. ej., las tierras de minería) se pueden producir ganancias netas en el contenido de carbono de la biomasa y del suelo. Hay cambios, especialmente los que tienen que ver con el carbono del suelo, que pueden producirse en períodos de más de un año. La orientación cubre los depósitos de carbono que se indican en el Recuadro 5.1.

El término conversión del uso de la tierra sólo se refiere a tierras que pasan de un tipo de uso a otro. En los casos en los que la tierra de cultivos perennes ya existente se vuelva a plantar con los mismos u otros cultivos, las tierras continúan siendo tierras de cultivo; por lo tanto, los cambios en las existencias de carbono deben estimarse empleando los métodos de *tierras de cultivo que permanecen como tales*, según lo descrito más adelante en la Sección 5.2.

RECUADRO 5.1
DEPÓSITOS DE CARBONO PERTINENTES PARA LAS TIERRAS DE CULTIVO

Biomasa

- Biomasa aérea
- Biomasa subterránea

Materia orgánica muerta

- Madera muerta
- Hojarasca

Suelos (materia orgánica del suelo)

Las nuevas características de las *Directrices del IPCC de 2006* con respecto a las *Directrices del IPCC de 1996* son las siguientes:

- la totalidad de la sección tierras de cultivo es nueva;

- el carbono de la biomasa y del suelo se encuentran en la misma sección;
- las emisiones de metano producidas por el arroz se incluyen en la categoría tierras de cultivo;
- las emisiones de gases no CO₂ del quemado de biomasa (*tierras de cultivo que permanecen como tales y tierras convertidas en tierras de cultivo*) también se incluyen en el capítulo sobre tierras de cultivo; y
- se suministran valores por defecto para biomasa en áreas de tierras de cultivo y agroforestales.

5.2 TIERRAS DE CULTIVO QUE PERMANECEN COMO TALES

En esta sección se brindan pautas sobre el inventario de gases de efecto invernadero para tierras de cultivo que no se han sometido a ninguna conversión en su uso durante un período mínimo de 20 años, como período por defecto¹. En la Sección 5.3 se brinda orientación sobre *tierras convertidas en tierras de cultivo* más recientemente que lo citado. Las emisiones y absorciones anuales de gases de efecto invernadero de *tierras de cultivo que permanecen como tales* incluyen:

- estimaciones de los cambios anuales en las existencias de C de todos los depósitos y fuentes de C; y
- estimaciones de las emisiones anuales de gases no CO₂ de todos los depósitos y fuentes.

Los cambios en las existencias de carbono en *tierras de cultivo que permanecen como tales* se estiman utilizando la Ecuación 2.3.

5.2.1 Biomasa

5.2.1.1 ELECCIÓN DE MÉTODOS

Puede haber depósitos de carbono en la biomasa de las tierras de cultivo que contienen vegetación leñosa perenne, incluyendo —no exhaustivamente— plantaciones con monocultivos de café, palma noli, coco y caucho, huertos frutales y de frutos secos, y policultivos, como los sistemas agroforestales. La metodología por defecto para estimar los cambios de las existencias de carbono en la biomasa leñosa se encuentran en el Capítulo 2, Sección 2.2.1. Esta sección elabora esta metodología con respecto a la estimación de cambios en las existencias de carbono en la biomasa de las *tierras de cultivo que permanecen como tales*.

El cambio en la biomasa se estima solamente para cultivos leñosos perennes. Se supone que, en los cultivos anuales, el incremento de las existencias de biomasa de cada año equivale a las pérdidas de biomasa producidas por la cosecha y la mortalidad en ese mismo año —por ende, no hay una acumulación neta de existencias de carbono en biomasa.

Los cambios en carbono de la biomasa en tierras de cultivo (ΔC_{CC_B}) pueden estimarse a partir de: (a) las tasas anuales de ganancia y pérdida de biomasa (Capítulo 2, Ecuación 2.7) o (b) de las existencias de carbono en dos momentos dados (Capítulo 2, Ecuación 2.8). El primer enfoque (método de pérdidas y ganancias) nos da un método por defecto de Nivel 1 y puede también emplearse en los niveles 2 o 3 con las mejoras señaladas a continuación. El segundo enfoque (método de diferencia de existencias) se aplica en los Niveles 2 o 3, pero no en el 1. Constituye una *buena práctica* mejorar los inventarios empleando el nivel más alto posible dadas las circunstancias nacionales. Es una *buena práctica* para los países utilizar los métodos 2 o 3 si las emisiones y absorciones de carbono en las *tierras de cultivo que permanecen como tales* es una categoría principal y se considera que la subcategoría de biomasa es significativa. Es una *buena práctica* para los países emplear el árbol de decisiones de la Figura 2.2, Capítulo 2, para identificar el nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en la biomasa.

Nivel 1

El método por defecto implica multiplicar la superficie de tierras de cultivo con leñosas perennes por una estimación de la acumulación neta de biomasa a partir del crecimiento y restarle las pérdidas relacionadas con cosecha, recogida o perturbación (según la Ecuación 2.7 del Capítulo 2). Las pérdidas se estiman multiplicando un valor de existencias de carbono por la superficie de tierras de cultivo en las que se cosechan cultivos leñosos perennes.

¹ Los países que aplican métodos de nivel superior pueden utilizar diferentes períodos según el tiempo que demoren en equilibrarse las existencias de carbono después del cambio en el uso de la tierra.

Las hipótesis por defecto de Nivel 1 son: todo el carbono de la biomasa leñosa perenne recogida (p. ej., biomasa quitada y replantada con un cultivo diferente) se emite en el año de la recogida; y los cultivos leñosos perennes acumulan carbono durante un lapso igual al del ciclo nominal de cosecha/madurez. Esta última hipótesis implica que los cultivos leñosos perennes acumulan biomasa durante un periodo finito hasta que se los recoge por cosecha o hasta que llegan a un régimen permanente en el que no hay acumulación neta de carbono en la biomasa porque las tasas de crecimiento se han hecho más lentas y las ganancias por crecimiento se ven compensadas por las pérdidas debidas a mortalidad natural, poda, etc.

Bajo el Nivel 1, se aplican los factores por defecto que se indican en el Cuadro 5.1 a las estimaciones derivadas en cada país de las superficies de tierra.

Nivel 2

Hay dos métodos que se pueden emplear en el Nivel 2 para la estimación de cambios en la biomasa. El método 1 (también llamado **Método de pérdidas y ganancias**) requiere que la pérdida de carbono de la biomasa se reste del incremento de carbono en la misma para el año de la declaración (Capítulo 2, Ecuación 2.7). El método 2 (también llamado **Método de diferencia de existencias**) requiere inventarios de las existencias de carbono en biomasa para una superficie de tierra dada, en dos momentos diferentes (Capítulo 2, Ecuación 2.8).

En cambio, por lo general, una estimación de Nivel 2 se refiere a los principales tipos de cultivos leñosos por zonas climáticas, utilizando tasas de acumulación de carbono y pérdidas de existencias específicas del país siempre que resulte posible o estimaciones específicas del país de existencias de carbono en dos momentos diferentes. Bajo el Nivel 2, los cambios en las existencias de carbono se estiman para biomasa aérea y subterránea en la vegetación leñosa perenne. Los métodos del Nivel 2 incluyen estimaciones específicas del país o de la región de las existencias de biomasa para los principales tipos de tierras de cultivo y sistemas de gestión, y estimaciones de cambios en las existencias en función de los principales sistemas de gestión (p. ej., cultivo dominante, gestión de la productividad). En la medida de lo posible, constituye una *buena práctica* que se incorporen los cambios de la biomasa en cultivos perennes o árboles empleando datos específicos del país o de la región. Donde falten datos, se pueden usar los datos por defecto.

Nivel 3

En una estimación de Nivel 3 se emplea un método muy desagregado del Nivel 2 o un método específico del país que incluya modelización del proceso y/o medición detallada. El Nivel 3 incluye sistemas de inventario que emplean muestreos de existencias de carbono realizados a través del tiempo sobre la base de estadísticas y/o modelos de procesos, estratificados por clima, tipo de cultivos y regímenes de gestión. Por ejemplo, se pueden emplear modelos validados de crecimiento por especies específicos que tienen en cuenta los efectos de la gestión tales como cosecha y fertilización, con los datos correspondientes sobre las actividades de gestión, para estimar los cambios netos de las existencias de carbono en la biomasa de las tierras de cultivo a través del tiempo. Se pueden usar modelos, quizá acompañados de mediciones como las de los inventarios forestales, para estimar los cambios de existencias y extrapolarlos a todas las superficies de tierras de cultivo, como en el Nivel 2.

Los criterios principales para seleccionar los modelos apropiados son que sean representativos de todas las prácticas de manejo que figuran en los datos de la actividad. Es fundamental que el modelo sea validado mediante observaciones independientes desde lugares de campo específicos del país o de la región que sean representativos del clima, del suelo y de los sistemas de gestión de las tierras de cultivo del país.

5.2.1.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Entre los factores de emisión y absorción necesarios para estimar los cambios en las existencias de carbono se incluyen: (a) la tasa anual de acumulación o de crecimiento de la biomasa, y (b) los factores de pérdida de biomasa que se ven influenciados por actividades tales como la recogida (cosecha), la recogida de madera combustible y las perturbaciones.

Tasa de crecimiento de la biomasa leñosa aérea

Nivel 1

En los Cuadros 5.1 a 5.3 se suministran estimaciones de existencias de biomasa y de tasas de crecimiento y pérdidas de biomasa de las principales regiones climáticas y los principales sistemas agrícolas. No obstante, dada la gran variación en los sistemas de cultivo, incluyendo árboles y sus productos, es una *buena práctica* buscar datos a nivel nacional sobre la tasa de crecimiento de la biomasa leñosa aérea.

Nivel 2

A una escala más precisa o desagregada, los datos sobre la tasa de crecimiento de la biomasa leñosa aérea pueden obtenerse de fuentes de datos nacionales para distintos sistemas de cultivo y agroforestales. La velocidad de cambio de la tasa de crecimiento de la biomasa leñosa aérea debe estimarse como respuesta a cambios en las actividades específicas de gestión y uso de la tierra (p. ej., fertilización, cosecha, entresacado). Los resultados de

la investigación de campo deben compararse con las estimaciones del crecimiento de la biomasa de otras fuentes, a fin de verificar que se encuentran dentro de los rangos documentados. Al derivar las estimaciones de tasas de acumulación de biomasa, es importante tener presente que las tasas de crecimiento de la biomasa se van a producir fundamentalmente durante los primeros 20 años posteriores a los cambios en la gestión, después de lo cual las tasas tenderán hacia un nuevo nivel de régimen constante con pocos cambios o ninguno, a menos que se produzcan otros cambios en las condiciones de gestión.

Nivel 3

En cuanto al Nivel 3, resultan necesarios factores muy desagregados de la acumulación de biomasa. Entre estos se incluyen la categorización de especies, específica para los modelos de crecimiento que incluyen efectos de la gestión, tales como la cosecha y la fertilización. Es necesaria la medición de la biomasa aérea, como sucede en los inventarios forestales con la medición periódica de la acumulación de la biomasa aérea.

CUADRO 5.1 COEFICIENTES POR DEFECTO DE BIOMASA LEÑOSA AÉREA Y CICLOS DE COSECHA EN SISTEMAS DE CULTIVO QUE CONTIENEN ESPECIES PERENNES					
Región climática	Existencias de carbono en biomasa aérea a la cosecha (ton C ha⁻¹)	Ciclo Cosecha/Madurez (año)	Tasa de acumulación de biomasa (G) (ton C ha⁻¹ año⁻¹)	Pérdida de carbono de la biomasa (L) (ton C ha⁻¹ año⁻¹)	Rango de error¹
Templada (todos los regímenes de humedad)	63	30	2,1	63	± 75%
Tropical, seco	9	5	1,8	9	± 75%
Tropical, húmedo	21	8	2,6	21	± 75%
Tropical, muy húmedo	50	5	10,0	50	± 75%
Nota: valores derivados de un sondeo de la bibliografía y de la síntesis publicada por Schroeder (1994). ¹ Representa una estimación nominal del error, equivalente a dos veces la desviación estándar, como porcentaje de la media.					

CUADRO 5.2 DEPÓSITO POTENCIAL DE C EN SISTEMAS AGROFORESTALES DE DIFERENTES ECORREGIONES DEL MUNDO				
Región	Ecorregión	Sistema	Biomasa aérea (ton há⁻¹)	Rango (ton há⁻¹)
África	Tropical húmeda alta	Agroforestal	41,0	29 - 53
América del Sur	Tropical húmeda baja	Agroforestal	70,5	39 - 102
América del Sur	Tierras bajas secas	Agroforestal	117,0	39 - 195
Sudeste Asiático	Tropical húmedo	Agroforestal	120,0	12 - 228
Sudeste Asiático	Tierras bajas secas	Agroforestal	75,0	68 - 81
Australia	Tropical húmedo	Silvopastoral	39,5	28 - 51
América del Norte	Tropical húmeda alta	Silvopastoral	143,5	133 - 154
América del Norte	Tropical húmeda baja	Silvopastoral	151,0	104 - 198
América del Norte	Tierras bajas secas	Silvopastoral	132,5	90 - 175
Asia del Norte	Tropical húmeda baja	Silvopastoral	16,5	15 - 18
Fuente: Albrecht y Kandji, 2003				

CUADRO 5.3 BIOMASA AÉREA POR DEFECTO PARA DISTINTOS TIPOS DE TIERRAS DE CULTIVO DE ESPECIES PERENNES (TON HA ⁻¹)					
Tipo de tierra de cultivo	Región	Biomasa aérea	Rango	Error	Referencias
Palma Noli	Sudeste Asiático	136,0	62 - 202	78	
Caucho maduro	Sudeste Asiático	178,0		90	Palm <i>et al.</i> , 1999
Caucho joven	Sudeste Asiático	48,0	16 - 80		Wasrin <i>et al.</i> , 2000
Canela joven (7 años)	Sudeste Asiático	68,0		47	Siregar y Gintings, 2000
Coco	Sudeste Asiático	196,0			Lasco <i>et al.</i> , 2002
Barbecho mejorado					
Barbecho de 2 años	África Oriental	35,0	27 - 44	40	Albrecht y Kandji, 2003
Barbecho de 1 año	África Oriental	12,0	7 - 21	89	Albrecht y Kandji, 2003
Barbecho de 6 años (promedio)	Sudeste Asiático	16,0	4 - 64		Lasco y Suson, 1999
Cultivo en fajas	Sudeste Asiático	2,9	1.5 - 4.5	105	Lasco <i>et al.</i> , 2001
Sistema de cultivo en diversos niveles					
Hevea	Sudeste Asiático	304,0		17	Tomich <i>et al.</i> , 1998
Gmelina-cacao	Sudeste Asiático	116,0		53	Lasco <i>et al.</i> , 2001

Acumulación de biomasa subterránea

Nivel 1

Se supone, por defecto, que no hay cambios en la biomasa subterránea de los árboles perennes de los sistemas agrícolas. No se dispone de valores por defecto para la biomasa subterránea para los sistemas agrícolas.

Nivel 2

Se incluye el uso de datos medidos realmente de biomasa subterránea en vegetación leñosa perenne. Para los cálculos de Nivel 2, se recomienda estimar la acumulación de biomasa subterránea. Las relaciones raíz/tallo muestran una amplia variación de valores, tanto en especies individuales (p. ej., Anderson *et al.*, 1972) como a escala comunitaria (p. ej., Jackson *et al.*, 1996; Cairns *et al.*, 1997). Se dispone de información limitada respecto a la biomasa subterránea y, por ende, en lo posible, se deben utilizar relaciones raíz/tallo derivadas empíricamente y específicas para una región o para un tipo de vegetación.

Nivel 3

Incluye el uso de datos de estudios de campo idénticos a los inventarios forestales y los estudios por modelización, si se adopta el método de la diferencia de existencias.

Pérdidas de biomasa por recogida, madera combustible y perturbaciones

Nivel 1

La hipótesis por defecto es que toda la biomasa perdida se emite en el mismo año. No se dispone de datos sobre pérdidas por remoción de biomasa, recogida de madera combustible y perturbaciones de fuentes de cultivo. La FAO suministra datos del consumo total de rollizos y madera combustible, pero no separados por fuentes (p. ej., tierras de cultivo, tierras forestales, etc.) Está aceptado que las estadísticas sobre madera combustible son muy deficientes e inciertas en todo el mundo. Las estadísticas por defecto de remoción de biomasa y recogida de madera combustible (que se analizan en el Capítulo 4, Sección 4.2) pueden incluir la biomasa procedente de las tierras de cultivo, como cuando se cosecha madera combustible de jardines domésticos. Por ello, es necesario garantizar que no se produzca el cómputo doble de las pérdidas. Si no se dispone de datos de las fuentes de rollizos o madera combustible de tierras de cultivo, el método a utilizar por defecto debe incluir las pérdidas en tierras forestales (Sección 4.2) y excluir las pérdidas de tierras de cultivo.

Niveles 2 y 3

Para estimar la pérdida de biomasa, se pueden emplear datos de nivel nacional a escala más precisa, basados en estudios de inventario o de producción y consumo según diferentes fuentes, incluidos los sistemas agrícolas.

Estos datos se pueden obtener mediante diversos métodos, incluyendo la estimación de la densidad (cobertura de las copas) de la vegetación leñosa a partir de fotos aéreas (o de imágenes satelitales de alta resolución) y trazados de mediciones sobre el terreno. La composición en especies, la densidad y la relación biomasa aérea/biomasa subterránea pueden variar de forma considerable para diferentes tipos de tierras y condiciones de cultivo; por lo tanto, puede resultar más eficaz estratificar muestreos y trazados de sondeos por tipo de tierra de cultivo. En el Capítulo 3, Anexo 3A.3, se brinda una orientación general sobre las técnicas de sondeo y muestreo para inventarios de biomasa.

5.2.1.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

En esta sección, los datos de la actividad se refieren a estimaciones de las superficies de tierra con existencias en crecimiento y tierras cosechadas con cultivos madereros perennes. Los datos de superficie se estiman empleando los métodos descritos en el Capítulo 3. Se los debe considerar estratos dentro del total de la superficie de tierras de cultivo (para mantener la coherencia de los datos de uso de la tierra) y se los debe desagregar según el nivel que se emplee y la disponibilidad de factores de crecimiento y de pérdida. En el Cuadro 5.4 se suministran ejemplos de subcategorías de tierras de cultivo.

CUADRO 5.4 EJEMPLOS DE SUBCATEGORÍAS DE TIERRAS DE CULTIVOS PERENNES QUE PUEDEN ESTAR PRESENTES EN UN PAÍS	
Subcategorías generales	Subcategorías específicas
Huertos frutales	Mango, citrus, manzano
Cultivos de plantaciones	Caucho, coco, palma noli, café, cacao
Sistemas agroforestales	Cultivos en setos (en fajas), barbecho mejorado, sistemas de cultivo a diversos niveles, jardines domésticos, plantación limítrofe, cortavientos

Nivel 1

Bajo el Nivel 1, se utilizan sondeos anuales o periódicos conjuntamente con los métodos delineados en el Capítulo 3 para estimar la superficie promedio anual de cultivos leñosos perennes establecidos y la superficie promedio anual de cultivos leñosos perennes que se cosechan o recogen. A su vez, las estimaciones de superficies se subdividen por regiones climáticas generales o tipos de suelos, para que coincidan con los valores por defecto de ganancia y pérdida de biomasa. En los cálculos de Nivel 1, se pueden utilizar estadísticas internacionales, como las de las bases de datos de la FAO, y otras fuentes para estimar la superficie de tierra dedicada a cultivos leñosos perennes.

Nivel 2

En el Nivel 2, se emplean sondeos anuales o periódicos más detallados para estimar las superficies de tierra con diferentes clases de cultivos de biomasa leñosa perenne. A su vez, las superficies se clasifican por subcategorías pertinentes, de manera que todas las principales combinaciones de tipos de cultivos leñosos perennes y de regiones climáticas estén representadas en cada estimación de superficie. Estas estimaciones de superficie deben coincidir con cualquiera de los valores de incremento y pérdida de carbono en biomasa específicos del país desarrollados para el método de Nivel 2. Si sólo se dispone parcialmente de datos de resolución más detallada específicos del país, se alienta a los países a realizar una extrapolación a toda la base de terreno con cultivos leñosos perennes aplicando hipótesis sensatas a partir de los mejores conocimientos de que se disponga.

Nivel 3

El Nivel 3 exige datos de la actividad de alta resolución, desagregados a nivel subnacional a escalas de grillas más finas. Como sucede en el Nivel 2, la superficie de tierra se clasifica según tipos específicos de cultivos leñosos perennes por las principales categorías de clima y de suelo, y por otras variables regionales potencialmente importantes (p. ej., pautas regionales de las prácticas de gestión). Más aun: es una *buena práctica* detallar estimaciones de superficies espacialmente explícitas con estimaciones locales de incremento de biomasa, tasas de pérdida y prácticas de gestión, para mejorar la exactitud de las estimaciones.

5.2.1.4 PASOS DE CÁLCULO PARA LOS NIVELES 1 Y 2

Resumen de pasos para estimar los cambios en las existencias de carbono en biomasa de las tierras de cultivo que permanecen como tales (ΔC_B) empleando los métodos de los Niveles 1 y 2

Utilizando las hojas de trabajo para tierras de cultivo (véase el Anexo 1 – Hojas de trabajo AFOLU), calcular el cambio en las existencias de carbono en biomasa de las *tierras de cultivo que permanecen como tales*:

Paso 1: ingresar las subcategorías de tierras de cultivo del año de la declaración

Es normal que en un país haya diversos tipos de tierras de cultivo con cobertura leñosa perenne y con existencias e incrementos de biomasa variables. Algunos ejemplos: los huertos frutales (p. ej., mango, citrus), las plantaciones agrícolas (p. ej., coco, caucho) y los establecimientos agroforestales.

Paso 2: para cada subcategoría, especificar la superficie anual de tierras de cultivo con biomasa leñosa perenne

Habitualmente, la superficie (A) en hectáreas de cada subcategoría de tierras de cultivo puede conseguirse en organismos nacionales que se ocupan de los usos de la tierra, del Ministro de Agricultura y del Ministerio de Recursos Naturales. Entre las posibles fuentes de datos se incluyen: imágenes satelitales, fotografía aérea y sondeos en el terreno, y la base de datos de la FAO.

Paso 3: para cada subcategoría, especificar las existencias anuales medias de carbono en la acumulación (en ton C há año⁻¹) de biomasa leñosa perenne

Se ingresan los índices anuales de crecimiento (ΔC_G) de cada subcategoría de tierras de cultivo, a partir de las tasas de acumulación de biomasa G del Cuadro 5.1, en la columna que corresponde de las hojas de trabajo.

Paso 4: para cada subcategoría, especificar las existencias anuales de carbono de las pérdidas de biomasa (en ton C há año⁻¹)

Si hay cosecha, se ingresa la cantidad de existencias de carbono de la biomasa cosechada (ΔC_L) en la columna que corresponde. Puede estimarse multiplicando la biomasa aérea leñosa por defecto de las distintas tierras de cultivo del Cuadro 5.3 por la densidad de carbono por defecto de 0,5 ton C/ton biomasa.

Paso 5: calcular los cambios anuales de existencias de carbono en la biomasa para cada subcategoría

Los cambios anuales en las existencias de carbono en biomasa (ΔC_B) se calculan empleando la Ecuación 2.7 del Capítulo 2.

Paso 6: calcular el cambio total en existencias de carbono (ΔC_B) sumando todos los valores de las estimaciones por subcategorías

Ejemplo 1: en el año del inventario, se cultivan 90 000 hectáreas de variedades leñosas perennes en un ambiente tropical húmedo, mientras que la cosecha se realiza en 10 000 hectáreas. La superficie de tierras de cultivo con variedades leñosas perennes inmaduras acumula carbono a razón de 2,6 toneladas de carbono aéreo há⁻¹ año⁻¹. La superficie cosechada pierde todo el carbono de las existencias de biomasa en el año de la recogida. Las pérdidas de existencias de carbono por defecto de las tierras de cultivo con cultivos leñosos perennes en zonas tropicales húmedas son de 21 ton C há⁻¹ año⁻¹. A partir de estos valores, estimativamente, por año, se acumulan 234 000 toneladas de C y se pierden 210 000 toneladas de C. Utilizando la Ecuación 2.7 del Capítulo 2, el cambio neto en las existencias de carbono (aéreo) en el ambiente tropical húmedo es de 24 000 ton C año⁻¹.

5.2.1.5 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

A continuación se brinda orientación sobre enfoques para determinar la incertidumbre asociada con las estimaciones de carbono en biomasa para los métodos de cada nivel.

Nivel 1

Cuando se emplea el método del Nivel 1, las fuentes de incertidumbre incluyen el grado de exactitud de las estimaciones de la superficie de la tierra (véase el Capítulo 3) y de las tasas de incremento y de pérdida de carbono en biomasa por defecto. Es factible que la incertidumbre sea baja (<10%) en las estimaciones de superficie bajo diferentes sistemas de cultivo, dado que la mayoría de los países estima las superficies de tierras de cultivo anualmente y empleando métodos fiables. Para derivar los datos por defecto del Cuadro 5.1, se utilizó la recopilación publicada en un trabajo de investigación sobre existencias de carbono en sistemas agroforestales (Schroeder, 1994). Dado que los valores por defecto se derivaron de múltiples estudios, no se incluyeron en la publicación sus respectivos rangos de incertidumbre. Por lo tanto, sobre la base de un dictamen de expertos, se

ha asignado un nivel de incertidumbre por defecto de $\pm 75\%$ del valor del parámetro. Se puede usar esta información, con un cierto grado de incertidumbre en las estimaciones de superficie del Capítulo 3 de este Informe, para determinar la incertidumbre en las estimaciones de emisiones y absorciones de carbono de la biomasa en tierras de cultivo, empleando la metodología de Nivel 1. Se brinda orientación sobre análisis de incertidumbre en el Capítulo 3 del Volumen 1.

Nivel 2

En el método de Nivel 2 se reduce el nivel general de incertidumbre porque las tasas de factores de emisión y absorción específicas de cada país deben ofrecer estimaciones más exactas de los incrementos y pérdidas de carbono por sistemas de cultivo y regiones climáticas dentro de las fronteras nacionales. Es una *buena práctica* calcular las estimaciones de error (p. ej., desviaciones estándar, error estándar, o rangos) para tasas de incremento de carbono específicas del país y emplear estas variables para una evaluación básica de la incertidumbre. Es una *buena práctica* que los países evalúen rangos de error en los coeficientes específicos nacionales y los comparen con los de los coeficientes por defecto de acumulación de carbono. Si las tasas específicas del país tienen rangos de error iguales o mayores que los coeficientes por defecto, entonces constituye una *buena práctica* usar un método de Nivel 1 y, a posteriori, refinar las tasas específicas del país con más mediciones de campo.

En los métodos de Nivel 2 también se pueden usar datos de la actividad de resolución más pormenorizados, tales como estimaciones de superficie para diferentes regiones climáticas o para sistemas de cultivo específicos, dentro de las fronteras nacionales. Los datos de resolución más pormenorizada reducen aun más los niveles de incertidumbre cuando se los asocia con los factores de incremento de carbono en biomasa definidos para aquellas bases de superficie de escala más específica (p. ej., cuando la superficie de las plantaciones de café se multiplica por un coeficiente de plantaciones de café, más que por un valor agroforestal genérico por defecto).

Nivel 3

Los métodos de Nivel 3 serán los que ofrezcan el mayor nivel de certeza en comparación con los de Niveles 1 y 2. Es una *buena práctica* calcular las desviaciones estándar, los errores estándar o rangos de todas las tasas de incremento y pérdida de biomasa definidas en el país. Constituye una *buena práctica* que los países desarrollen funciones de densidad de probabilidad para los parámetros del modelo y que se las use en simulaciones de Monte Carlo. Es factible que la incertidumbre, particularmente la referida a estimaciones de superficie, sea menor o no exista en cuanto a sistemas de cultivo.

5.2.2 Materia orgánica muerta

En esta sección, se presentan los métodos para estimar los cambios en las existencias de carbono relacionadas con depósitos de materia orgánica muerta para *tierras de cultivo que permanecen como tales* (CC). Se suministran métodos para dos tipos de depósitos de materia orgánica muerta: 1) madera muerta y 2) hojarasca. En el Capítulo 1 de este informe se encuentran definiciones detalladas de estos depósitos.

Los de madera muerta son depósitos diversos con muchos problemas prácticos para las mediciones de campo y con incertidumbres asociadas respecto a las tasas de transferencia a hojarasca, suelo o emisiones a la atmósfera. El carbono contenido en la madera muerta es muy variable entre las arboledas de un mismo paisaje. Las cantidades de madera muerta dependen del momento en el que se produjo la última perturbación, de la cantidad de entrada agregada (mortalidad) en el momento de la perturbación, de las tasas de mortalidad natural, de las tasas de descomposición y de la gestión.

La acumulación de hojarasca está en función de la cantidad anual de caída de hojarasca, que incluye todas las hojas, brotes y ramitas, heno, frutas, flores y corteza, menos la tasa anual de descomposición. La masa de hojarasca también se ve influenciada por el tiempo transcurrido desde la última perturbación y por el tipo de perturbación. La gestión, incluyendo la cosecha de madera y de hierbas, el quemado y el pastoreo alteran significativamente las propiedades de la hojarasca, pero hay pocos estudios que documenten claramente los efectos de la gestión sobre el carbono de la hojarasca.

En general, las tierras de cultivo contendrán poca o nada de madera muerta, residuos de cultivos u hojarasca, a excepción de los sistemas agroforestales que pueden contabilizarse bajo tierras de cultivo o bajo tierras forestales, según las definiciones adoptadas por los países para la declaración.

5.2.2.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

El árbol de decisiones de la Figura 2.3 del Capítulo 2 brinda orientación para la selección del nivel de método apropiado para la aplicación de los procedimientos de estimación. La estimación de los cambios en las existencias de carbono en DOM requiere una estimación de los cambios de las existencias de hojarasca (véase la Ecuación 2.17 del Capítulo 2).

Cada uno de los depósitos de DOM (madera muerta y hojarasca) debe tratarse por separado, pero el método para determinar los cambios de cada depósito es el mismo.

Nivel 1

En el método de Nivel 1 se supone que las existencias de madera muerta y hojarasca no existen en las tierras de cultivo o están en equilibrio, como sucede en los sistemas agroforestales y en los huertos. Por lo tanto, no hay necesidad de estimar los cambios en las existencias de carbono de estos depósitos.

Niveles 2 y 3

Los Niveles 2 y 3 permiten calcular los cambios en las existencias de carbono en madera muerta y hojarasca debidos a prácticas de gestión. Se sugieren dos métodos para estimar los cambios en las existencias de carbono en DOM.

Método 1 (También llamado **Método de ganancias y pérdidas**, Ecuación 2.18 del Capítulo 2): El método 1 implica estimar la superficie de tierras de cultivo de las distintas categorías de gestión y el promedio anual de transferencia hacia y desde las existencias de madera muerta y hojarasca. Esto requiere una estimación de la superficie bajo *tierras de cultivo que permanecen como tales* de acuerdo con: i) los diferentes tipos de clima o de tierras de cultivo; ii) el régimen de gestión u otros factores que afecten significativamente los depósitos de carbono en madera muerta y hojarasca; y iii) la cantidad de biomasa transferida a las existencias de madera muerta y hojarasca, así como la cantidad de biomasa transferida de las existencias de madera muerta y hojarasca por hectárea y según los diferentes tipos de tierras de cultivo.

Método 2 (También llamado **Método de diferencia de existencias**, Ecuación 2.19 del Capítulo 2): El método 2 implica estimar la superficie de tierras de cultivo y las existencias de madera muerta y hojarasca en dos momentos dados, t_1 y t_2 . Los cambios ocurridos en las existencias de madera muerta y hojarasca en el año de inventario se calculan dividiendo los cambios en las existencias por el período (años) transcurrido entre dos mediciones. El método 2 se puede aplicar en los países en los que se realizan inventarios periódicos. Este método es más apropiado para los países que adoptan los métodos de Nivel 3. Los métodos de Nivel 3 se emplean en los países que cuentan con factores de emisión específicos del país y con información a nivel nacional. La metodología definida para el país se puede basar en inventarios detallados de parcelas de muestreo permanente de sus tierras de cultivo y/o en modelos.

5.2.2.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN/ABSORCIÓN

Fracción de carbono: la fracción de carbono de la madera muerta y la hojarasca es variable y depende de la etapa de descomposición. La madera es mucho menos variable que la hojarasca y se puede utilizar un valor de $0,5 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1}$ para la fracción de carbono.

Nivel 1

En el Nivel 1 se supone que las existencias de carbono en DOM de todas las *tierras de cultivo que permanecen como tales* son insignificantes o que no cambian y, por lo tanto, no se necesita contar con factores de emisión/absorción ni con datos de la actividad. Se alienta a los países que experimentan cambios significativos en la gestión de las tierras de cultivo o perturbaciones que puedan afectar a los depósitos de DOM a que desarrollen información local para cuantificar este impacto y que lo declaren según las metodologías de los Niveles 2 o 3.

Nivel 2

Es una *buena práctica* utilizar datos de nivel nacional sobre DOM para diferentes categorías de tierras de cultivo, en combinación con valores por defecto, si no se dispone de valores específicos del país o de la región respecto a algunas categorías de tierras de cultivo. Los valores específicos del país de transferencia de carbono de árboles vivos que se cosechan a residuos de cosecha, así como las tasas de descomposición (en el caso del Método 1) o el cambio neto en los depósitos de DOM (en el caso del Método 2), pueden derivarse de los datos específicos del país, teniendo en cuenta el tipo de tierras de cultivo, la tasa de utilización de la biomasa, las prácticas de cosecha, y la cantidad de vegetación deteriorada durante las operaciones de cosecha.

Nivel 3

En cuanto al Nivel 3, los países deben desarrollar sus propias metodologías y sus propios parámetros para estimar los cambios de DOM. Estas metodologías pueden derivarse de los Métodos 1 o 2 especificados precedentemente, o se pueden basar en otros enfoques. El método utilizado debe documentarse claramente.

Las estimaciones de carbono en DOM desagregadas a nivel nacional deben determinarse como parte de un inventario nacional de tierras de cultivo, de modelos de nivel nacional o de un programa de inventarios específico para gases de efecto invernadero, con muestreos periódicos según los principios establecidos en el Capítulo 3, Anexo 3A.3. Los datos del inventario se pueden acompañar de estudios de modelización para capturar la dinámica de todos los depósitos de carbono de las tierras de cultivo.

5.2.2.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Los datos de la actividad consisten en las superficies de las tierras de cultivo que permanecen como tales resumidas según principales tipos de tierras de cultivo y prácticas de gestión. El total de la superficie de tierras de cultivo debe ser coherente con lo declarado en otras secciones de este capítulo y, en particular, en la sección de biomasa de tierras de cultivo que permanecen como tales. Si esta información se relaciona con la relativa a suelos, clima, vegetación y otros datos geofísicos nacionales, se facilita la evaluación de los cambios en DOM.

5.2.2.4 PASOS DE CÁLCULO PARA LOS NIVELES 1 Y 2

A continuación, se resumen los pasos para estimar cambios en las existencias de carbono en DOM

Nivel 1

No se requieren datos de la actividad puesto que se supone que el depósito de DOM es estable.

Nivel 2 (Método de ganancias y pérdidas) – Ecuación 2.18 del Capítulo 2

Cada uno de los depósitos de DOM (madera muerta y hojarasca) se deben tratar por separado, pero el método para cada depósito es el mismo.

Paso 1: determinar las categorías o los tipos de tierras de cultivo y sistemas de gestión que se utilizarán en esta evaluación y la superficie representativa. Los datos de superficie se obtendrán empleando los métodos descritos en el Capítulo 3.

Paso 2: determinar el cambio neto en las existencias de DOM para cada categoría. Identificar los valores, a partir de inventarios o estudios científicos, de las entradas y salidas promedio de madera muerta u hojarasca para cada categoría. Los países deben utilizar los datos de que se disponga localmente para las entradas y salidas de estos depósitos. Calcular el cambio neto de los depósitos de DOM restando las salidas de las entradas. Los valores negativos indican una disminución neta de las existencias.

Paso 3: determinar el cambio neto de las existencias de carbono en DOM para cada categoría sobre la base del Paso 2. Multiplicar el cambio en las existencias de DOM por la fracción de carbono de la madera muerta y la hojarasca para determinar el cambio neto en las existencias de carbono en madera muerta. El valor por defecto es de 0,5 ton C (ton d.m.)⁻¹ para madera muerta y de 0,4 ton C (ton d.m.)⁻¹ para hojarasca.

Paso 4: determinar el cambio total de los depósitos de carbono en DOM para cada categoría, multiplicando la superficie representativa de cada categoría por el cambio neto de las existencias de carbono en DOM para esa categoría.

Paso 5: determinar el cambio en total de las existencias de carbono en DOM mediante la suma de los cambios totales en DOM de todas las categorías.

Nivel 2 (Método de diferencia de existencias) – Ecuación 2.19 del Capítulo 2

Cada uno de los depósitos de DOM se debe tratar por separado, pero el método para cada depósito es el mismo.

Paso 1: determinar las categorías a emplear en esta evaluación y la superficie representativa según lo descrito para el Método 1.

Paso 2: determinar el cambio neto en las existencias de DOM para cada categoría. A partir de los datos del inventario, identificar el intervalo entre inventarios, las existencias promedio de DOM del inventario inicial (t_1) y del inventario final (t_2). Utilizar estos valores para calcular el cambio anual neto de las existencias de DOM, y restar las existencias de DOM en t_1 de las existencias de DOM en t_2 y dividir la diferencia por el intervalo. Un valor negativo indica una disminución de las existencias de DOM.

Paso 3: determinar el cambio neto en las existencias de carbono en DOM para cada categoría. Determinar el cambio neto de las existencias de carbono en DOM multiplicando el cambio neto de las existencias de DOM para cada categoría por la fracción de carbono del DOM. El valor por defecto es de 0,5 ton C (ton d.m.)⁻¹ para madera muerta y de 0,4 ton C (ton d.m.)⁻¹ para hojarasca. Un método de Nivel 3 requiere factores de expansión específicos del país o del ecosistema. En un método de Nivel 2 se pueden utilizar factores de expansión de nivel nacional por defecto.

Paso 4: determinar el cambio total de los depósitos de carbono en DOM para cada categoría de actividad multiplicando la superficie representativa de cada categoría por el cambio neto de las existencias de carbono en DOM para esa categoría.

Paso 5: determinar el cambio en total de las existencias de carbono en DOM mediante la suma de los cambios totales en DOM de todas las categorías de actividad.

5.2.2.5 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

En el Nivel 1 no se requiere la estimación de incertidumbre ya que se supone que las existencias de DOM son estables. Para los Niveles 2 y 3, los datos de superficie y las estimaciones de incertidumbre deben obtenerse usando los métodos del Capítulo 3. La acumulación de carbono y los factores de pérdida deben determinarse localmente.

5.2.3 Carbono del suelo

La gestión de las tierras de cultivo modifica las existencias de C del suelo en distinto grado, según la forma en la que las prácticas específicas influyan sobre las entradas y salidas del sistema del suelo (Paustian *et al.*, 1997; Bruce *et al.*, 1999; Ogle *et al.*, 2005). Las principales prácticas de gestión que afectan a las existencias de C del suelo en las tierras de cultivo son el tipo de gestión de residuos, el manejo de fertilizantes (tanto fertilizantes minerales como abonos orgánicos), la elección del cultivo y la intensidad de la gestión de cultivo (p. ej., cultivo continuo vs. rotación de cultivos con períodos de barbecho limpio), gestión de irrigación y sistemas mixtos con cultivos y pasturas o heno en secuencias rotativas. Además, el drenaje y el cultivo de los suelos orgánicos reducen las existencias de C del suelo (Armentano y Menges, 1986).

Se suministra información general y orientación para estimar los cambios en las existencias de C del suelo (incluyendo ecuaciones) en la Sección 2.3.3 del Capítulo 2. Debe leerse esa sección antes de seguir adelante con las directrices específicas referidas a las existencias de C en el suelo de las tierras de cultivo. Los cambios totales de las existencias de C del suelo en tierras de cultivo se calculan utilizando la Ecuación 2.24 (Capítulo 2), en la que se combinan los cambios en las existencias de C orgánico del suelo para suelos minerales y orgánicos, con los cambios en las existencias de los depósitos de C inorgánico del suelo (Nivel 3 solamente). En esta sección se brinda orientación específica para estimar los cambios en las existencias de C orgánico del suelo. Lo referido a C inorgánico del suelo está cubierto en su totalidad en la Sección 2.3.3.1.

A fin de contabilizar los cambios en las existencias de C del suelo relacionados con *tierras de cultivo que permanecen como tales*, los países deben contar, como mínimo, con estimaciones de la superficie de tierras de cultivo al comienzo y al final del período de inventario. Si los datos sobre uso y gestión de la tierra son limitados, se pueden emplear datos agregados, como las estadísticas de la FAO sobre tierras de cultivo, como punto de partida, así como el conocimiento de expertos sobre la distribución aproximada de los sistemas de gestión de la tierra (p. ej., sistemas de cultivo de media, baja y alta entrada, etc.). Las clases de gestión de las tierras de cultivo deben estratificarse según las regiones climáticas y los principales tipos de suelos, lo que puede basarse en clasificaciones por defecto o específicas del país. Esto se puede lograr con superposiciones de uso de la tierra sobre mapas climáticos y de suelos apropiados.

5.2.3.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

Los inventarios pueden desarrollarse empleando métodos de Niveles 1, 2 o 3, en los que cada uno de los sucesivos Niveles requiere más detalles y recursos que el anterior. También es posible que haya países que utilicen diferentes niveles para preparar estimaciones de cada subcategoría de C del suelo (p. ej., cambios en las existencias de C orgánico en suelos minerales y orgánicos; y cambios de existencias relacionados con depósitos de C inorgánico en el suelo). En la Sección 2.3.3.1 del Capítulo 2, se proporcionan árboles de decisión para suelos minerales (Figura 2.4) y para suelos orgánicos (Figura 2.5) a fin de asistir a los compiladores del inventario en la selección del nivel adecuado para su inventario de C del suelo.

Suelos minerales

Nivel 1

En cuanto a los suelos minerales, el método de estimación se basa en los cambios de las existencias de C orgánico del suelo durante un período finito, a consecuencia de cambios en la gestión que repercuten sobre el C orgánico del suelo. Se utiliza la Ecuación 2.25 (Capítulo 2) para estimar los cambios en las existencias de C orgánico del suelo en suelos minerales, restando las existencias de C del año pasado de un período de inventario (SOC_0) de las existencias de C al comienzo del período de inventario ($SOC_{(0-t)}$) y dividiendo por la dependencia temporal de los factores de cambio de existencias (D). En la práctica, se deben obtener datos específicos del país sobre uso y gestión de la tierra y clasificarlos por sistemas de gestión de la tierra apropiados (p. ej., cultivos de alta, media y baja entrada), incluida la gestión del laboreo, y luego estratificados por regiones climáticas y tipos de suelo del IPCC. Las existencias de C orgánico del suelo (SOC) se estiman para el inicio y la terminación del

período de inventario empleando existencias de carbono de referencia por defecto (SOC_{ref}) y factores de cambio de existencias por defecto (F_{LU} , F_{MG} , F_I).

Nivel 2

En cuanto al Nivel 2, se utilizan las mismas ecuaciones básicas que en el Nivel 1 (Ecuación 2.25), pero se incorpora información específica del país para especificar mejor los factores de cambio en las existencias de C de referencia, las regiones climáticas, los tipos de suelo y/o el sistema de clasificación de gestión de la tierra.

Nivel 3

En los métodos de Nivel 3, se pueden utilizar modelos dinámicos y/o mediciones detalladas del inventario de C del suelo como bases para estimar los cambios en las existencias anuales. Las estimaciones de los modelos se calculan empleando ecuaciones acopladas por las que se estiman los cambios netos de C del suelo. Existe toda una diversidad de modelos (p. ej., véanse las revisiones de McGill *et al.*, 1996; y Smith *et al.*, 1997). Los criterios principales para seleccionar un modelo apropiado incluyen su capacidad para representar todas las prácticas y todos los modelos de gestión pertinentes que correspondan a tierras de cultivo; las entradas del modelo (es decir, variables motrices) que sean compatibles con la disponibilidad de datos de entrada de todo el país; y la verificación de los datos experimentales.

Se puede desarrollar también un método de Nivel 3 utilizando un enfoque basado en mediciones en el que se muestrea periódicamente una red de monitorización para estimar los cambios en las existencias de C orgánico del suelo. Es factible que resulte necesaria una densidad mucho mayor de sitios de comparación que con los modelos para representar adecuadamente la combinación de sistemas de uso y gestión de la tierra, clima y tipos de suelos. Se suministra orientación adicional en la Sección 2.3.3.1 del Capítulo 2.

Suelos orgánicos

Nivel 1

Se utiliza la Ecuación 2.26 (Capítulo 2) para estimar los cambios en las existencias de C en suelos orgánicos (p. e., derivadas de turba, Histosoles). La metodología básica implica estratificar los suelos orgánicos cultivados por región climática y asignar una tasa de pérdida de C anual específica por clima. Las superficies de tierra se multiplican por el factor de emisión y, posteriormente, se suman para estimar las emisiones de C anuales.

Nivel 2

En cuanto al Nivel 2, se utilizan las mismas ecuaciones básicas que en el Nivel 1 (Ecuación 2.26), pero se incorpora información específica del país, para especificar mejor los factores de emisión, las regiones climáticas, y/o el sistema de clasificación de gestión de la tierra.

Nivel 3

En los métodos de Nivel 3 para suelos orgánicos se utilizan modelos dinámicos y/o redes de medición, como se describiera anteriormente para los suelos minerales.

5.2.3.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE CAMBIO DE EXISTENCIAS Y DE EMISIÓN

Suelos minerales

Nivel 1

En el Cuadro 5.5 se incluyen los factores por defecto de cambio de las existencias del método de Nivel 1 para uso de la tierra (F_{LU}), entrada (F_I) y gestión (F_{MG}). El método y los estudios que se emplearon para derivar los factores de cambio de existencias por defecto pueden verse en el Anexo 5A.1 y en las Referencias. El período por defecto para cambios de existencias (D) es de 20 años y se supone que la práctica de gestión influye sobre las existencias hasta una profundidad de 30 cm, que es también la profundidad usada para las existencias de referencia de C del suelo en el Cuadro 2.3 (Capítulo 2).

Nivel 2

Un método de Nivel 2 implica la estimación de factores de cambio de existencias específicos del país. La derivación de factores de entrada (F_I) y de gestión (F_{MG}) se basa en comparaciones con entrada media y laboreo intensivo, respectivamente, porque se las considera prácticas nominales en la clasificación de gestión por defecto del IPCC (véase Elección de los datos de la actividad). Es una *buena práctica* derivar valores para una clasificación de gestión, clima y tipos de suelo de mayor resolución si hay diferencias significativas en los factores de cambio de existencias entre categorías más desagregadas sobre la base de un análisis empírico. En un método de Nivel 2, también se derivan las existencias de C de referencia de datos específicos del país. Se suministra orientación adicional en la Sección 2.3.3.1 del Capítulo 2.

Nivel 3

Es menos factible que los factores constantes de tasa de cambio de existencias *per se* se estimen a favor de tasas variables que reproduzcan con mayor exactitud los efectos del uso y la gestión de la tierra. Para un análisis más pormenorizado, véase la Sección 2.3.3.1 del Capítulo 2.

Suelos orgánicos**Nivel 1**

En el Cuadro 5.6 pueden verse los factores de emisión por defecto para suelos orgánicos cultivados. La asignación de factores de emisión para sistemas de árboles perennes, como frutales que se clasifican como tierras de cultivo, se puede basar en los factores para suelos orgánicos cultivados del Cuadro 5.6 o para la gestión forestal de suelos orgánicos (véase el Capítulo 4). Un drenaje más llano lleva a emisiones más parecidas a las de gestión forestal, mientras que el drenaje más profundo de los sistemas de árboles perennes genera emisiones más parecidas a las de los sistemas de cultivos anuales.

Nivel 2

En un enfoque de Nivel 2, los factores de emisión se derivan de datos experimentales específicos del país. Es una *buena práctica* que los factores de emisión se deriven para categorías específicas de gestión de tierras de cultivo en suelos orgánicos y/o mediante una clasificación más pormenorizada de regiones climáticas, suponiendo que las nuevas categorías capturan diferencias significativas en tasas de pérdida de C. Se suministra orientación adicional en la Sección 2.3.3.1 del Capítulo 2.

Nivel 3

Es menos factible que los factores constantes de tasa de emisión *per se* se estimen a favor de tasas variables que reproduzcan con más exactitud los efectos del uso y la gestión de la tierra.

CUADRO 5.5
FACTORES RELATIVOS DE CAMBIO DE EXISTENCIAS (F_{LU} , F_{MG} , Y F_I) (DURANTE 20 AÑOS) PARA DIFERENTES ACTIVIDADES
DE GESTIÓN EN TIERRAS DE CULTIVO

Tipo de valor del factor	Nivel	Régimen térmico	Régimen de humedad	Valores por defecto del IPCC	Error ^{2,3}	Descripción
Uso de la tierra (F_{LU})	Cultivos de largo plazo	Templado / Boreal	Seco	0,80	± 9%	Representa la superficie gestionada en forma continua durante más de 20 años, predominantemente con cultivos anuales. También se aplican los factores de entrada y de laboreo para estimar los cambios en las existencias de carbono. El factor de uso de la tierra se estimó con relación a laboreo total y a niveles nominales («medios») de entrada de carbono.
			Húmedo	0,69	± 12%	
		Tropical	Seco	0,58	± 61%	
			Húmedo / Seco	0,48	± 46%	
		Tropical montano ⁴	n/a	0,64	± 50%	
Uso de la tierra (F_{LU})	Arroz bajo fangueo	Todas	Seco y húmedo/ muy húmedo	1,10	± 50%	Cultivo anual a largo plazo (> 20 años) de humedales (arroz de fangueo). Puede incluir doble cultivo con cultivos no inundados. Para el arroz de fangueo, no se utilizan los factores de laboreo y de entrada.
Uso de la tierra (F_{LU})	Cultivo de perennes / Árboles	Todas	Seco y húmedo/ muy húmedo	1,00	± 50%	Cultivos de árboles perennes a largo plazo, como frutales y nogales, café y cacao.
Uso de la tierra (F_{LU})	De reserva (< 20 años)	Templado / Boreal y Tropical	Seco	0,93	± 11%	Representa lo reservado temporalmente por año de tierras de cultivo (p. ej., reservas para conservación) u otras tierras de cultivo ociosas que se hayan plantado con pastizales perennes.
			Húmedo / Seco	0,82	± 17%	
		Tropical montano ⁴⁴	n/a	0,88	± 50%	
Laboreo (F_{MG})	Total	Todas	Seco y húmedo/ muy húmedo	1,00	ND	Perturbación sustancial del suelo con operaciones de inversión total y/o de frecuente (dentro del año) laboreo. En el momento de plantar, una pequeña parte (p. ej.: <30%) de la superficie está cubierta por residuos.
Laboreo (F_{MG})	Reducido	Templado / Boreal	Seco	1,02	± 6%	Laboreo primario y/o secundario pero con poca perturbación del suelo (generalmente llano y sin una inversión total del suelo). Normalmente, la superficie queda en >30% cubierta por residuos en el momento de plantar.
			Húmedo	1,08	± 5%	
		Tropical	Seco	1,09	± 9%	
			Húmedo / Seco	1,15	± 8%	
		Tropical montano ⁴	n/a	1,09	± 50%	
Laboreo (F_{MG})	Sin laboreo	Templado / boreal	Seco	1,10	± 5%	Sembrado directo sin laboreo primario, con solamente una mínima perturbación del suelo en la zona de sembrado. Habitualmente, se emplean herbicidas para control de las malezas.
			Húmedo	1,15	± 4%	
		Tropical	Seco	1,17	± 8%	
			Húmedo / Seco	1,22	± 7%	
		Tropical montano ⁴	n/a	1,16	± 50%	

CUADRO 5.5 (CONTINUACIÓN)
FACTORES RELATIVOS DE CAMBIO DE EXISTENCIAS (F_{LU} , F_{MG} , Y F_I) (DURANTE 20 AÑOS) PARA DIFERENTES ACTIVIDADES DE GESTIÓN EN TIERRAS DE CULTIVO

Tipo de valor del factor	Nivel	Régimen térmico	Régimen de humedad	Valores por defecto del IPCC	Error ^{2,3}	Descripción
Entrada (F_I)	Bajo	Templado / Boreal	Seco	0,95	± 13%	Se produce un bajo retorno de residuos cuando llega el momento de eliminarlos (por recogida o quemado), frecuente barbecho limpio, producción de cultivos que provocan pocos residuos (p. ej., legumbres, tabaco, algodón), sin fertilización mineral ni cultivos que fijen N.
			Húmedo	0,92	± 14%	
		Tropical	Seco	0,95	± 13%	
			Húmedo / Seco	0,92	± 14%	
		Tropical montano ⁴	n/a	0,94	± 50%	
Entrada (F_I)	Medio	Todas	Seco y húmedo/ muy húmedo	1,00	ND	Representativo de cultivos anuales con cereales en los que todos los residuos del cultivo se reintegran al campo. Si los residuos se quitan, entonces se agrega materia orgánica complementaria (p. ej., estiércol). También se requiere fertilización mineral o un cultivo que fije N en régimen de rotación.
Entrada (F_I)	Alto sin estiércol	Templado / Boreal y Tropical	Seco	1,04	± 13%	Representa sistemas de cultivo con entradas significativamente mayores de residuos de cultivo respecto a la entrada media de C debido a prácticas adicionales, tales como la producción de cultivos con gran volumen de residuos, el uso de estiércol verde, los cultivos protectores, los barbechos mejorados con vegetación, la irrigación, el uso frecuente de pastizales perennes en rotaciones anuales de cultivos, pero sin aplicación de estiércol (véase la siguiente línea).
			Húmedo / Seco	1,11	± 10%	
		Tropical montano ⁴	n/a	1,08	± 50%	
Entrada (F_I)	Alto – con estiércol	Templado / Boreal y Tropical	Seco	1,37	± 12%	Representa sistemas de cultivo con entrada de C significativamente mayor respecto a la entrada media de C debida a práctica adicional de agregado habitual de estiércol animal.
			Húmedo / Seco	1,44	± 13%	
		Tropical montano ⁴	n/a	1,41	± 50%	

¹ Cuando la información fuera suficiente, se determinaron valores por separado para regímenes de temperatura templadas y tropicales; y regímenes de humedad secos, húmedos y muy húmedos. Las zonas templadas y tropicales se corresponden con las definidas en el Capítulo 3; el régimen muy húmedo se corresponde con las zonas húmedas y muy húmedas combinadas de los trópicos y con la zona húmeda de las regiones templadas.

² ± dos desviaciones estándar, expresadas como porcentaje de la media; cuando no se disponga de suficientes estudios para realizar un análisis estadístico para derivar un valor por defecto, se supuso que la incertidumbre era ±50% sobre la base de la opinión de expertos. NA significa «no aplicable», donde los valores del factor constituyen valores de referencia definidos, y las incertidumbres se reflejan en las existencias de C de referencia y en los factores de cambio de existencias para usos de la tierra.

³ Este rango de errores no incluye el potencial error sistemático debido a tamaños pequeños de muestras que pueden no ser representativos del verdadero impacto para todas las regiones del mundo.

⁴ No había suficientes estudios como para estimar los factores de cambio de existencias para suelos minerales en la región climática tropical montana. Como aproximación, se utilizaron los cambios de existencias promedio entre las regiones templada y tropical, para efectuar un cálculo aproximado de los cambios de existencias en el clima tropical montano.

Nota: Véase el Anexo 5A.1 por una estimación de los factores de cambio de existencias por defecto para las emisiones/absorciones de C en suelos minerales de tierras de cultivo.

CUADRO 5.6 FACTORES DE EMISIÓN (EF) ANUALES PARA SUELOS ORGÁNICOS CULTIVADOS		
Régimen climático de temperatura ¹	Valor por defecto del IPCC (ton C ha ⁻¹ año ⁻¹)	Error ²
Boreal/Templado fresco	5,0	± 90%
Templado cálido	10,0	± 90%
Tropicales/Subtropicales	20,0	± 90%
¹ La clasificación de climas puede verse en el Capítulo 3. ² Representa una estimación nominal del error, equivalente a dos veces la desviación estándar, como porcentaje de la media. Las estimaciones están basadas en Glenn <i>et al.</i> , 1993; Kasimir-Klemetsson <i>et al.</i> , 1997; Freibauer y Kaltschmitt, 2001; Leifeld <i>et al.</i> , 2005; Augustin <i>et al.</i> , 1996; Nykänen <i>et al.</i> , 1995; Maljanen <i>et al.</i> , 2001, 2004; Lohila <i>et al.</i> , 2004; Ogle <i>et al.</i> , 2003; Armentano y Menges, 1986.		

5.2.3.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Suelos minerales

Nivel 1

Los sistemas de cultivos se clasifican según las prácticas que influyen sobre la permanencia del C en el suelo. El sistema de clasificación de la gestión por defecto se suministra en la Figura 5.1. Los compiladores del inventario deben utilizar esta clasificación para categorizar los sistemas de gestión de manera coherente con los factores de cambio de existencias por defecto del Nivel 1. Esta clasificación se puede desarrollar aun más para los métodos de los Niveles 2 y 3. En general, las prácticas ya conocidas por incrementar los depósitos de C, como la irrigación, la fertilización mineral, los abonos orgánicos, los cultivos protectores y los que producen grandes volúmenes de residuos, tienen entradas más altas, mientras que las prácticas que reducen los depósitos de C, como la quema o la recogida de residuos, el barbecho limpio y los cultivos que producen pocos residuos, tienen entradas menores. Estas prácticas se utilizan para categorizar a los sistemas de gestión y para, posteriormente, estimar los cambios en las existencias de C en el suelo orgánico. No se deben considerar las prácticas que se emplean en menos de 1/3 de una secuencia de cultivo dada (es decir, rotación de cultivos), lo que es coherente con la clasificación de datos experimentales que se utilizara para estimar los factores de cambio de existencias por defecto. La producción de arroz, los cultivos perennes y las tierras reservadas (es decir, tierras retiradas de la producción) se consideran sistemas de gestión de excepción (véase más bajo).

Cada uno de los sistemas de cultivo anuales (de baja, mediana y alta entrada con abono orgánico) se subdivide, a su vez, sobre la base de la gestión de laboreo. Las prácticas de laboreo se dividen en sin laboreo (sembrado directo, sin laboreo primario, y sólo una mínima perturbación del suelo en la zona sembrada; habitualmente se utilizan herbicidas para control de las malezas), laboreo reducido (laboreo primario y/o secundario pero con una reducida perturbación del suelo que generalmente es llana y sin una total inversión del suelo; normalmente deja la superficie con >30% de cobertura con residuos en el momento de plantar) y laboreo total (sustancial perturbación del suelo con inversión total y/o frecuente, en las operaciones de laboreo del año, mientras que se deja <30% de la superficie cubierta con residuos en el momento de plantar). Es una *buena práctica* considerar solamente laboreo reducido y no laboreo si se los usa en forma continua (todos los años) porque incluso una pasada ocasional con un implemento de laboreo total reduce significativamente la permanencia de C orgánico del suelo esperada bajo los regímenes de laboreo reducido o no laboreo (Pierce *et al.*, 1994; Smith *et al.*, 1998). Evaluar el impacto de los sistemas de laboreo rotativo (es decir, prácticas de mezclas reducidas, no laboreo y/o laboreo total) sobre las existencias de C del suelo va a exigir la aplicación del método de Nivel 2.

Los tipos de datos principales de la actividad en uso de la tierra son: i) estadísticas agregadas (Método 1), ii) datos con información explícita sobre conversiones en el uso de la tierra pero sin referencias geográficas específicas (Método 2), o iii) datos con información explícita sobre conversiones de uso de la tierra y referencias geográficas (Método 3), como inventarios de uso y gestión de la tierra que constituyan una muestra de base estadística de la superficie territorial de un país (véase el Capítulo 3 para un análisis de los métodos). Como mínimo, las estadísticas de que se dispone a nivel mundial sobre uso de la tierra y producción agrícola, como las bases de datos de la FAO (<http://faostat.fao.org/>), ofrecen compilaciones anuales de toda la superficie territorial por los principales usos de la tierra, datos escogidos de gestión (p. ej., tierras irrigadas versus no irrigadas), superficie de tierra con cultivos «perennes» (es decir, viñas, cultivos herbáceos perennes, y cultivos en base a árboles, como los huertos) y cultivos anuales (p. ej., trigo, arroz, maíz, sorgo, etc.). Las bases de datos de la FAO constituyen un ejemplo de datos agregados (Método 1).

Los datos de la actividad de gestión complementan a los de uso de la tierra, pues brindan información para clasificar los sistemas de gestión, tales como tipos de cultivos y rotaciones, prácticas de laboreo, irrigación, aplicación de abonos, gestión de residuos, etc. Estos datos también pueden ser estadísticas agregadas (Método 1) o información sobre cambios de gestión explícitos (Método 2 o 3). Cuando resulte posible, es una *buena práctica* determinar las prácticas de gestión específicas para superficies territoriales relacionadas con los sistemas de cultivo (p. ej., rotaciones y práctica de laboreo), más que sólo superficie por cultivo. Los datos de detección remota constituyen un recurso valioso en cuanto a datos de la actividad en uso de la tierra y gestión, y, potencialmente, el conocimiento experto es otra fuente de información sobre prácticas de cultivo. Es una *buena práctica* solicitar conocimiento experto empleando los métodos provistos en el Volumen 1, Capítulo 2 (solicitud del conocimiento de expertos).

Los inventarios nacionales de uso de la tierra y recursos, basados en repetidos sondeos de las mismas zonas, constituyen datos de la actividad recabados mediante los Métodos 2 o 3, y tienen ciertas ventajas sobre los datos agregados de uso de la tierra y gestión de tierras de cultivo (Método 1). Los datos de series temporales pueden asociarse más fácilmente con un sistema de cultivo en particular (es decir, la combinación del tipo y la gestión de cultivos durante una serie de años) y el tipo de suelo puede determinarse mediante muestreo o buscando referencias del lugar en un mapa de suelos apropiado. Los puntos del inventario que se seleccionan sobre la base de un diseño estadístico apropiado también permiten lograr estimaciones de la variabilidad asociada con los datos de la actividad, lo que puede emplearse como parte de un análisis formal de la incertidumbre. Un ejemplo de un sondeo realizado usando el Método 3 es el Inventario de Recursos Naturales de los Estados Unidos (Nusser y Goebel, 1997).

Los datos de la actividad requieren información adicional del país a fin de estratificar las zonas por clima y por tipo de suelo. Si esta información aún no se ha compilado, un método inicial sería superponer los mapas disponibles de cobertura/uso de la tierra (de origen nacional o de conjuntos de datos mundiales como el IGBP_DIS) con los mapas de suelo y clima de origen nacional o de fuentes internacionales, como los Mapas del suelos del mundo de la FAO y datos climáticos del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. En el Anexo 3A.5 del Capítulo 3 se ofrece una descripción detallada de los esquemas de clasificación de clima y suelos por defecto. La clasificación de los suelos se basa en la descripción taxonómica de los suelos y en datos de textura, mientras que la de las regiones climáticas se basa en los valores medios anuales de temperatura y precipitaciones, elevación, frecuencia de heladas, y potencial evapotranspiración.

Nivel 2

Es factible que los métodos de Nivel 2 incluyan una estratificación más detallada de los sistemas de gestión que los del Nivel 1 (véase la Figura 5.1) si se dispone de suficientes datos. Esto puede incluir más subdivisiones de las categorías de entradas por cultivos anuales (es decir, bajas, medias, altas y altas con agregados), cultivo de arroz, sistemas de cultivos perennes, y reservas. Es una *buena práctica* subdividir aun más las clases por defecto sobre la base de datos empíricos que demuestren diferencias significativas en la permanencia de C en el suelo entre las categorías propuestas. Además, los métodos de Nivel 2 pueden incluir una estratificación más refinada de las regiones climáticas y los tipos de suelos.

Nivel 3

Para la aplicación de modelos dinámicos y/o de un inventario directo basado en mediciones en el Nivel 3, se requieren datos similares o más detallados de las combinaciones de datos climáticos, de suelos, topográficos y de gestión, en comparación con los métodos de los Niveles 1 y 2, aunque los requisitos exactos dependen del diseño del modelo o de la medición.

Suelos orgánicos

Nivel 1

Contrastando con el método para suelos minerales, las tierras de cultivo en suelos orgánicos no se clasifican en sistemas de gestión, bajo la hipótesis de que el drenaje relacionado con todos los tipos de gestión de cultivos estimula la oxidación de la materia orgánica acumulada anteriormente en un ambiente predominantemente anóxico. No obstante, a fin de aplicar el método descrito en la Sección 2.3.3.1 (Capítulo 2), las tierras de cultivo deben estratificarse por regiones climáticas y tipos de suelo (véase el Anexo 3A.5 del Capítulo 3 para una orientación sobre clasificaciones de suelos y climas).

Se pueden emplear bases de datos y métodos similares a los señalados para *Suelos minerales* en lo analizado en el Nivel 1 para derivar estimaciones de superficie. La superficie de tierra con suelos orgánicos que se gestionan para tierras de cultivo pueden determinarse empleando una superposición de un mapa de uso de la tierra sobre mapas de climas y suelos. Se pueden utilizar datos específicos del país sobre proyectos de drenaje con sondeos de uso de la tierra para obtener una estimación más refinada de las superficies pertinentes.

Nivel 2

Los métodos del Nivel 2 pueden incluir una estratificación de los sistemas de gestión si se dispone de datos suficientes. Puede incluir subdivisiones de los sistemas de cultivo anuales por clase de drenaje, tipo de cultivo

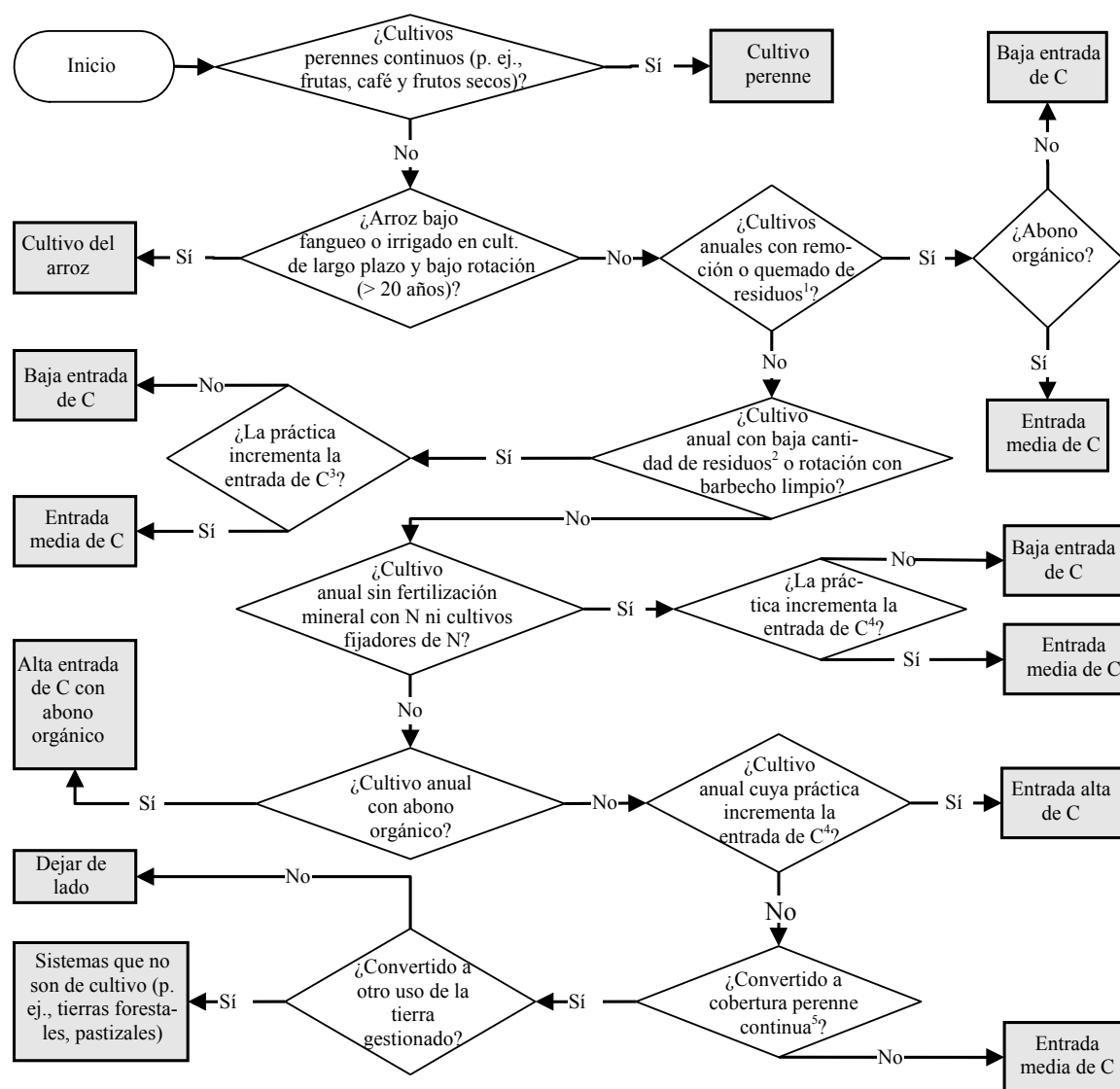
(Freibauer, 2003) o perturbación por laboreo. Además, los métodos de Nivel 2 pueden incluir una estratificación más refinada de las regiones climáticas.

Nivel 3

Es factible que los métodos del Nivel 3 para suelos orgánicos incluyan datos más detallados sobre clima, suelo, topografía y gestión, en comparación con los métodos de los Niveles 1 y 2, aunque los requisitos exactos dependen del diseño del modelo o de la medición.

Figura 5.1

Esquema de clasificación para sistemas de tierras de cultivo. A fin de clasificar los sistemas de gestión de las tierras de cultivo, el compilador del inventario debe comenzar por la parte superior e ir siguiendo el diagrama respondiendo a las preguntas (moviéndose por las ramas si la respuesta es afirmativa) hasta llegar a un punto terminal del diagrama. El diagrama de clasificación es coherente con los factores de cambio de existencias por defecto del Cuadro 5.5. Las clases de entrada de C (es decir, baja, media, alta y alta con abono orgánico) se subdividen, a su vez, por prácticas de laboreo.



Nota:

1: Habitualmente, no incluye el pastoreo de residuos en el campo.

2: p. ej., algodón, verduras y tabaco.

3: Prácticas que incrementan la entrada de C por encima de la cantidad generada habitualmente por las variedades que producen bajos residuos, como el uso de abonos orgánicos, cultivos de cobertura/estiércol verde, y sistemas mixtos de cultivo/hierba.

4: Prácticas que incrementan la entrada de C realizando la producción de residuos, como el uso de la irrigación, cultivos de cobertura/estiércol verde, barbechos con vegetación, cultivos que generan altos residuos, y sistemas mixtos de cultivo/hierba.

5: Cobertura perenne sin cosechas frecuentes.

Nota: solamente considerar las prácticas, tales como irrigación, quemado/remoción de residuos, fertilizantes minerales, cultivos fijadores de N, abono orgánico, cultivos de cobertura/estiércol verde, cultivos de bajos residuos, o barbecho, si se las aplica, como mínimo, en 1/3 de la secuencia de rotación de cultivos.

5.2.3.4 PASOS DE CÁLCULO PARA EL NIVEL 1

Suelos minerales

Los pasos para estimar SOC_0 y $SOC_{(0-T)}$ y los cambios de existencias netas de C en el suelo por hectárea de *tierras de cultivo que permanecen como tales* en suelos minerales son los siguientes:

Paso 1: organizar los datos por períodos de inventario sobre la base de los años en los que se recabaron los datos de la actividad (p. ej., 1990 a 1995, 1995 a 2000, etc.)

Paso 2: determinar la cantidad de *tierras de cultivo que permanecen como tales* por tipos de suelos minerales y por regiones climáticas del país al comienzo del primer período de inventario. El primer año del período de inventario depende de la periodicidad de los datos de la actividad (0-T; p. ej., hace 5, 10 o 20 años).

Paso 3: clasificar cada Tierra de cultivo por el sistema de gestión apropiado empleando la Figura 5.1.

Paso 4: asignar valores locales de existencias de C de referencia (SOC_{REF}) del Cuadro 2.3 sobre la base del clima y del tipo de suelo.

Paso 5: asignar el factor de uso de la tierra (F_{LU}), el factor de gestión (F_{MG}) y los niveles de ingreso de C (F_I) para cada Tierra de cultivo sobre la base de la clasificación de la gestión (Paso 2). Los valores de F_{LU} , F_{MG} y F_I se encuentran en el Cuadro 5.5.

Paso 6: multiplicar los valores (F_{LU} , F_{MG} , F_I) por las existencias de C del suelo de referencia (SOC_{REF}) para estimar las existencias «iniciales» de C orgánico del suelo ($SOC_{(0-T)}$) durante el período del inventario.

Paso 7: estimar las existencias finales de C orgánico en el suelo (SOC_0) repitiendo los pasos 1 a 5 y empleando las mismas existencias de C de referencia del lugar (SOC_{REF}), pero empleando factores de uso, gestión de la tierra y factores de ingreso que representen las condiciones al último año de inventario (año 0).

Paso 8: estimar los cambios anuales promedio de existencias de C orgánico del suelo para *tierras de cultivo que permanecen como tales* ($\Delta C_{Minerales}$) restando las existencias «iniciales» de C orgánico del suelo ($SOC_{(0-T)}$) de las existencias finales de C orgánico del suelo (SOC_0), dividiendo entonces por la dependencia en el tiempo de los factores de cambios de existencias (es decir, 20 años empleando los factores por defecto). Si un período de inventario es superior a 20 años, entonces se divide por la diferencia entre el año inicial y el final de ese período.

Paso 9: repetir los Pasos 2 a 8 si hay períodos de inventario adicionales (p. ej., 1990 a 2000, 2001 a 2010, etc.).

A continuación, se ofrece un ejemplo numérico para *tierras de cultivo que permanecen como tales* en suelos minerales, empleando la Ecuación 2.25 y las existencias de C de referencia por defecto (Cuadro 2.3) y los factores de cambio de existencias (Cuadro 5.5).

Ejemplo: en el siguiente ejemplo se muestran los cálculos para superficies agregadas de cambios de existencias de carbono en tierras de cultivo. En un clima cálido/templado muy húmedo y en suelos mollisol, hay 1 Mhá de tierras de cultivos anuales permanentes. Las existencias de carbono de referencia (SOC_{REF}) de la región son de 88 ton C há⁻¹. Al inicio del período de cálculo del inventario (en este ejemplo, 10 años antes, en 1990), la distribución de los sistemas de tierras de cultivo era de 400 000 há de tierras de cultivo, con bajos niveles de entrada de carbono y laboreo total, y de 600 000 há de tierras de cultivos anuales con niveles medios de entrada y laboreo total. Por lo tanto, las existencias iniciales de carbono del suelo eran: 400 000 há • (88 ton C há⁻¹ • 0,69 • 1 • 0,92) + 600 000 há • (88 ton C há⁻¹ • 0,69 • 1 • 1) = 58,78 millones de toneladas de C. En el último año del período de inventario (en este ejemplo, el último año es el 2000), hay: 200 000 há de cultivos anuales con laboreo total y baja entrada de C, 700 000 há de cultivos anuales con laboreo reducido y entrada media de C, y 100 000 há de cultivos anuales sin laboreo y con entrada media de C. Entonces, el total de existencias de carbono en el suelo en el año del inventario será: 200 000 há • (88 ton C há⁻¹ • 0,69 • 1 • 0,92) + 700 000 há • (88 ton C há⁻¹ • 0,69 • 1,08 • 1 + 100 000 há • (88 ton C há⁻¹ • 0,69 • 1,15 • 1) = 64,06 millones de toneladas de C. Entonces, el cambio en las existencias anuales promedio durante el período para toda la superficie será: 64,06 – 58,78 = 5,28 millones de ton/20 años = 264 000 ton C de incremento de las existencias de C por año. (Nota: 20 años es la dependencia en tiempo del factor de cambio de existencias, es decir, el factor representa la tasa anual de cambio durante 20 años).

Suelos orgánicos

Los pasos para estimar la pérdida de C del suelo en suelos orgánicos drenados son los siguientes:

Paso 1: organizar los datos por períodos de inventario sobre la base de los años en los que se recabaron los datos de la actividad (p. ej., 1990 a 1995, 1995 a 2000, etc.)

Paso 2: determinar la cantidad de *tierras de cultivo que permanecen como tales* sobre suelos orgánicos durante el último año de cada período de inventario.

Paso 3: asignar el factor de emisión apropiado (EF) para las pérdidas anuales de CO₂ en base al clima (del Cuadro 5.6).

Paso 4: estimar las emisiones totales acumulando el producto de la zona (A) multiplicada por el factor de emisión (EF) para todas las zonas climáticas.

Paso 5: repetir para períodos de inventario adicionales.

A continuación, se ofrece un ejemplo numérico para *tierras de cultivo que se mantienen como tales* en suelos orgánicos drenados, empleando la Ecuación 2.26 y los factores de emisión por defecto (Cuadro 5.6).

Ejemplo: En el siguiente ejemplo se muestran los cálculos para superficies agregadas de cambios de existencias de carbono en tierras de cultivo. En un clima cálido/templado muy húmedo y en histosoles, hay 0,4 Mhá de tierras de cultivos anuales permanentes sobre suelos orgánicos drenados. El factor de emisión para este clima es de 10,0 ton C há⁻¹ año⁻¹. Entonces, el cambio anual de existencias de carbono del suelo para suelos orgánicos durante el período del inventario es de: 400 000 há • 10,0 ton C há⁻¹ = 4,0 millones de toneladas de C año⁻¹.

5.2.3.5 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Existen tres grandes fuentes de incertidumbre en los inventarios de C del suelo: 1) incertidumbres en los datos sobre actividad de uso y gestión de la tierra y sobre el medio ambiente; 2) incertidumbres en las existencias de C de referencia del suelo si se utilizan los métodos de los Niveles 1 o 2 (suelos minerales solamente); y 3) incertidumbres en los factores de emisión/cambios en las existencias y para los métodos de Niveles 1 o 2, error en la estructura/los parámetros del modelo para los métodos basados en el modelo de Nivel 3, o errores de medición/variabilidad en el muestreo relacionados con los inventarios basados en mediciones de Nivel 3. Por lo general, la precisión de un inventario se incrementa y los intervalos de confianza son menores cuando hay más muestreo para estimar los valores de las tres categorías generales, mientras que es más factible que se reduzca el sesgo (es decir, que se mejore la exactitud) a través del desarrollo de un inventario de Nivel superior en el que se incorpore información específica del país.

En cuanto al Nivel 1, las incertidumbres se suministran con las existencias de C de referencia en la primera nota al pie del Cuadro 2.3, los factores de cambio de existencias del Cuadro 5.5 y los factores de emisión para suelos orgánicos del Cuadro 5.6. Las incertidumbres en los datos sobre uso y gestión de la tierra serán abordadas por el compilador del inventario y, posteriormente, combinadas con las incertidumbres de los factores por defecto y las existencias de C de referencia (suelos minerales solamente) empleando un método apropiado, como simples ecuaciones de propagación de errores. Si se emplean estadísticas agregadas de superficies de uso de la tierra para los datos de la actividad (p. ej., datos de la FAO), puede que el organismo a cargo del inventario deba aplicar un nivel de incertidumbre por defecto para las estimaciones de la superficie territorial (±50%). Constituye una *buena práctica* que el compilador del inventario derive las incertidumbres de los datos de la actividad específicos del país en lugar de utilizar un nivel por defecto.

Las existencias de C de referencia y los factores de cambio de existencias para suelos minerales y los factores de emisión para suelos orgánicos por defecto pueden contener incertidumbres inherentemente altas, en particular sesgos, cuando se los aplica a países específicos. Los valores por defecto representan valores de uso de la tierra e impactos de gestión o existencias de C de referencia promediados a nivel mundial, que pueden diferenciarse de los valores específicos de una región (Powers *et al.*, 2004; Ogle *et al.*, 2006). Es posible reducir el riesgo derivando factores específicos del país empleando el método de Nivel 2 o desarrollando un sistema de estimación específico del país de Nivel 3. La base subyacente en los métodos de Nivel superior será la de experimentos realizados en el país o en las regiones vecinas que establezcan el efecto del uso y la gestión de la tierra sobre el C del suelo. Además, es una *buena práctica* minimizar aun más el sesgo contabilizando las diferencias significativas dentro del país en cuanto a los impactos del uso y la gestión de la tierra, como son la

variación entre regiones climáticas y/o tipos de suelos, incluso a expensas de una menor precisión en las estimaciones de factores (Ogle *et al.*, 2006). El sesgo se considera más problemático para declarar cambios en existencias porque no está necesariamente considerado en el rango de incertidumbre (es decir, el verdadero cambio en las existencias puede estar fuera del rango de incertidumbre declarado si hay un sesgo significativo en los factores).

Las incertidumbres en las estadísticas de actividad de uso de la tierra pueden reducirse mediante un mejor sistema nacional por ejemplo, desarrollando o ampliando un sondeo basado en el terreno con un mayor número de puntos de muestreo y/o incorporando la detección remota para lograr una cobertura adicional. Es una *buena práctica* diseñar una clasificación en la que se considere la mayor parte de la actividad en uso y gestión del suelo con un tamaño de muestra suficientemente amplio para minimizar la incertidumbre a escala nacional.

En cuanto a los métodos de Nivel 2, se incorpora la información específica del país al análisis del inventario a fin de reducir el sesgo. Por ejemplo, Ogle *et al.* (2003) utilizaron datos específicos del país para elaborar funciones de distribución de probabilidades para factores específicos de los Estados Unidos, datos de la actividad y existencias de C de referencia de los Estados Unidos respecto a suelos agrícolas. Constituye una *buena práctica* evaluar las dependencias entre factores, existencias de C de referencia o datos de la actividad de uso del suelo y de gestión. En particular, son comunes las fuertes dependencias de los datos de la actividad de uso y gestión del suelo porque las prácticas de gestión tienden a correlacionarse en el tiempo y el espacio. Se pueden combinar incertidumbres en los factores de cambio de existencias o de emisión, existencias de C de referencia y datos de la actividad empleando métodos como las simples ecuaciones de propagación de errores o procedimientos de Monte-Carlo para estimar medias y desviaciones estándar para los cambios en las existencias de C del suelo (Ogle *et al.*, 2003; Vanden Bygaart *et al.*, 2004).

Los modelos de Nivel 3 son más complejos y las simples ecuaciones de propagación de errores pueden no resultar eficaces para cuantificar la incertidumbre asociada de las estimaciones resultantes. Es posible realizar análisis de Monte Carlo (Smith y Heath, 2001), pero puede resultar dificultosa su realización si el modelo tiene muchos parámetros (algunos modelos pueden tener varios cientos de parámetros) porque se deben elaborar funciones conjuntas de distribución de probabilidades con las que se cuantifique la varianza, así como la covarianza, entre los parámetros. También se dispone de otros métodos, tales como los métodos de base empírica (Monte *et al.*, 1996), en los que se emplean mediciones de una red de monitorización para evaluar estadísticamente la relación entre los resultados medidos y los modelados (Falloon y Smith, 2003). En contraste con la modelización, las incertidumbres de los inventarios en base a mediciones de Nivel 3 se pueden estimar a partir de la varianza de las muestras, de errores en la medición y de otras fuentes pertinentes de incertidumbre.

5.2.4 Emisiones de gases de efecto invernadero no CO₂ a partir del quemado de biomasa

Habitualmente, las emisiones de no CO₂ de *tierras de cultivo que permanecen como tales* (particularmente de CH₄, CO, NO_x y N₂O) están relacionadas con el quemado de residuos agrícolas, los que difieren entre países, cultivos y sistemas de gestión. Las emisiones de CO₂ del quemado de biomasa no deben declararse porque se supone que el carbono liberado durante el proceso de combustión es reabsorbido por la vegetación durante la siguiente temporada de crecimiento.

El porcentaje de los residuos de cultivos agrícolas quemados *in situ*, que es la masa de combustible disponible para el quemado, debe estimarse teniendo en cuenta las fracciones recogidas antes del quemado debidas a consumo animal, descomposición en el campo, y uso en otros sectores (p. ej., biocombustible, alimento para el ganado doméstico, materiales de construcción, etc.). Es importante para eliminar la posibilidad del cómputo doble.

La metodología para estimar las emisiones de no CO₂ del quemado de biomasa en *tierras de cultivo que permanecen como tales* sigue la formulación genérica de la Ecuación 2.27 del Capítulo 2. Las estimaciones deben basarse en datos anuales.

5.2.4.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

El árbol de decisiones de la Figura 2.6 del Capítulo 2 ofrece orientación general respecto a la elección del Nivel apropiado para utilizar. El método de estimación de la emisión de gases de efecto invernadero producida por el quemado de biomasa implica el uso de la Ecuación 2.27 (Capítulo 2). Según un método de Nivel 1, normalmente, los datos de la actividad están muy agregados y los factores de combustión y de emisión son los valores por defecto provistos en el Capítulo 2. Según el Nivel 2, por lo general, las estimaciones se desarrollan para los principales tipos de cultivos por zonas climáticas, empleando tasas de acumulación de residuos y

estimaciones de combustión y emisión específicas del país. El Nivel 3 es un método muy específico del país que incluye la modelización de los procesos y/o las mediciones detalladas.

Todos los países deben esforzarse por mejorar sus métodos de inventario y de declaración aplicando el Nivel más alto posible, dentro de las circunstancias nacionales. Si el quemado en las *tierras de cultivo que permanecen como tales* constituye una categoría principal, los países deben utilizar los métodos de los Niveles 2 o 3.

5.2.4.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Nivel 1

Los países que aplican un método de Nivel 1 deben reemplazar las cantidades M_B y C_f de la Ecuación 2.27 del Capítulo 2 por el valor de consumo de combustible por defecto que resulte apropiado ($M_B \times C_f$) del Cuadro 2.4. Los factores de emisión por defecto a utilizar se suministran en el Cuadro 2.5 para cada uno de los gases de efecto invernadero de interés.

Nivel 2

En este método se amplía lo del Nivel 1 para incluir el uso de factores específicos del país de que se disponga en cuanto a combustible, combustión y emisión. Los países pueden estimar la cantidad de combustible disponible a partir de estadísticas de producción de cultivos y de la relación entre el rendimiento de los cultivos y los residuos producidos. Se necesita realizar estudios de campo para estimar las fracciones de residuos de cultivos que se extraen del campo (en forma de combustible o pienso) y que se deja como residuo para quemado para los diferentes sistemas de cultivo. Los países deben poner especial atención en los cultivos que se queman predominantemente o en los sistemas con biomasa por hectárea y niveles de emisiones por unidad territorial relativamente altos (p. ej., caña de azúcar, algodón).

Nivel 3

Este nivel hace uso de modelos basados en parámetros específicos del país, empleando datos de inventarios nacionales para garantizar que no se omita ninguna quema de residuos de cultivos. El Nivel 3 depende de la medición de campo de la cantidad de residuos que se queman *in situ* para diferentes sistemas de cultivo según las distintas zonas climáticas y los sistemas de gestión, sobre la base de los métodos de muestreo que se describen en el Capítulo 3 (Anexo 3A.3). Los países deben darle prioridad al desarrollo de factores de combustión y emisión específicos del país, poniendo énfasis en los principales residuos de cultivos que se queman.

5.2.4.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Nivel 1

Los datos de la actividad incluyen estimaciones de las superficies territoriales según los tipos de cultivos de los que, normalmente, se queman los residuos agrícolas. Esta información puede obtenerse en consulta con los sectores gubernamentales agrícolas del país, a falta de datos objetivos de imágenes satelitales, por ejemplo. Asimismo, los países pueden estimar la superficie plantada de un cultivo a partir de su producción anual y de una estimación de la productividad promedio por hectárea. Si no se dispone de estimaciones nacionales, se pueden utilizar las estadísticas de la FAO. Es una *buena práctica* hacer una verificación cruzada de los datos de la FAO con las fuentes nacionales.

Nivel 2

Al usar el método de Nivel 2, los países deben utilizar estimaciones de superficie más desagregadas (p. ej., principales tipos de cultivos por zona climática) con tasas de acumulación de residuos específicas del país y de su sistema de gestión de cada cultivo. Puede lograrse mediante el uso de sondeos anuales más detallados o periódicos para estimar las superficies de tierra bajo diferentes clases de cultivos. A su vez, las superficies deben clasificarse por categorías pertinentes, de manera que todas las principales combinaciones de tipos de cultivos y de regiones climáticas estén representadas, y se suministren estimaciones de superficie individuales.

Nivel 3

El Nivel 3 exige datos de la actividad de alta resolución desagregados a nivel subnacional a escalas de grillas finas. Como sucede en el Nivel 2, la superficie de tierra se clasifica en tipos específicos de cultivos según las principales categorías de clima y de suelo, y en otras variables regionales potencialmente importantes (p. ej., pautas regionales de las prácticas de gestión) a utilizarse en los modelos. Los países deben esforzarse por obtener estimaciones de superficie espacialmente explícitas a fin de facilitar una cobertura completa de las tierras de cultivo y asegurarse de que las superficies no se sobreestimen ni se subestimen. Además, las estimaciones de superficie espacialmente explícitas pueden relacionarse con tasas de emisión e impactos de gestión localmente pertinentes, y mejorar la exactitud de las estimaciones. Los datos de superficie para los diferentes sistemas de cultivo que se utilicen deben ser coherentes con las superficies utilizadas en las secciones anteriores (biomasa, materia orgánica muerta), aunque es posible que sólo se quemen residuos en una parte del total de la superficie.

5.2.4.4 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Las estimaciones de la superficie plantada por cada tipo de cultivo de los que normalmente se queman residuos pueden ser muy inciertas. Las estadísticas de producción agrícola de nivel mundial, que pueden variar de manera indirecta en la estimación de la superficie plantada, si no se actualizan anualmente, pueden resultar muy inciertas. Es posible que la fracción de los residuos agrícolas que se quema en el campo sea la variable de mayor incertidumbre. Las estimaciones de Nivel 2 son más precisas, ya que se basan en parámetros específicos del país. Es una *buena práctica* suministrar estimaciones de error (es decir, desviación estándar, error estándar, rangos) para los factores de combustión y emisión específicos del país y para las superficies quemadas.

5.3 TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS DE CULTIVO

A nivel mundial, alrededor del 50% del total de la superficie de la tierra ha sido transformado por la acción directa del hombre, el 20% de los ecosistemas terrestres se han convertido en tierras de cultivo permanentes, y el 25% de los bosques del mundo se han deforestado para diversos usos, como el cultivo agrícola y las pasturas (Moore, 2002). La superficie de tierras de cultivo ha venido aumentando en algunas partes del mundo para satisfacer la demanda cada vez mayor de alimentos y fibras. La mayor parte de la expansión en tierras de cultivo de las últimas dos décadas se ha producido en el Sudeste Asiático, en partes de Asia del Sur, en la región de los Grandes Lagos de África oriental y en la Cuenca del Amazonas (Millennium Ecosystems Assessment, 2005). Durante ese mismo período, la destrucción de bosques en los trópicos ha alcanzado, en promedio, los 12 millones de hectáreas por año, según el Environmental Group Limited (<http://www.environmental.com.au/>). La tasa de deforestación durante la década de 1990 alcanzó, en promedio, a 14.600.000 hectáreas por año. La conversión a tierras de cultivo es el principal cambio en el uso de la tierra después de la deforestación tropical. Las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero de las *tierras convertidas en tierras de cultivo* pueden ser una fuente principal para muchos países.

La estimación de las emisiones y absorciones anuales de gases de efecto invernadero de las *tierras convertidas en tierras de cultivo* incluye lo siguiente:

- Estimaciones de los cambios anuales en las existencias de C de todos los depósitos y fuentes de C:
 - Biomasa (biomasa aérea y subterránea);
 - Materia orgánica muerta (madera muerta y hojarasca);
 - Suelos (materia orgánica del suelo).
- Estimaciones de gases no CO₂ (CH₄, CO, N₂O, NO_x) resultantes del quemado de biomasa aérea y DOM.

5.3.1 Biomasa

5.3.1.1 ELECCIÓN DE MÉTODOS

En esta sección se brinda orientación sobre los métodos para calcular los cambios en las existencias de carbono de la biomasa debidos a la conversión de tierras en su condición natural y en otros usos a tierras de cultivo, incluidas la deforestación y la conversión de pasturas y tierras de pastoreo a tierras de cultivo. Los métodos requieren estimaciones del carbono en las existencias de biomasa previas a la conversión y posteriores a ella, sobre la base de estimaciones de las superficies de tierra convertidas durante el período entre sondeos del uso de la tierra. Como resultado de la conversión en tierras de cultivo, se supone (en el Nivel 1) que la vegetación dominante se elimina por completo, lo que conduce a emisiones y produce cantidades cercanas a cero del carbono que permanece en la biomasa. Poco después, se implanta algún tipo de sistema de cultivo, lo que incrementa la cantidad de carbono depositado en la biomasa. La diferencia entre los depósitos de carbono en la biomasa inicial y final se emplea para calcular los cambios en las existencias de carbono debidos a la conversión en el uso de la tierra y, en los años subsiguientes, las acumulaciones y pérdidas de biomasa en la vegetación leñosa perennes de las tierras de cultivo se contabilizan utilizando los métodos indicados en la Sección 5.2.1 (*Tierras de cultivo que permanecen como tales*).

Es una *buena práctica* considerar todos los depósitos de carbono (es decir, los de la biomasa aérea y subterránea, la materia orgánica muerta y los suelos) al estimar los cambios en las existencias de carbono de las *tierras convertidas en tierras de cultivo*. Actualmente, no hay información suficiente como para suministrar un método por defecto, con parámetros por defecto, para estimar los cambios de las existencias de carbono en los depósitos

de materia orgánica muerta (DOM)². Es poco factible que la DOM sea importante, a excepción del año de la conversión. Se supone que no va a haber DOM en las tierras de cultivo. Además, en la metodología que se describe a continuación, se consideran solamente los cambios en las existencias de carbono de la biomasa aérea, ya que la disponibilidad de datos es limitada en cuanto a existencias subterráneas de carbono de las tierras de cultivos perennes.

Las *Directrices del IPCC* describen alternativas cada vez más sofisticadas en las que se incorpora mayor detalle respecto a las tierras convertidas, a la existencia de carbono en las tierras, y a las pérdidas de carbono resultantes de las conversiones de la tierra. Es una *buena práctica* adoptar el nivel apropiado, según el análisis de las fuentes principales, la disponibilidad de datos y las circunstancias nacionales. Todos los países deben esforzarse por mejorar sus métodos de inventario y declaración aplicando el Nivel más alto posible, dentro de las circunstancias nacionales. Es una *buena práctica* que los países empleen un método de Niveles 2 o 3 si las emisiones y absorciones de carbono en las *tierras convertidas en tierras de cultivo* constituyen una categoría principal y si la subcategoría de la biomasa se considera significativa sobre la base de los principios delineados en el Capítulo 4 del Volumen 1. Los países deben utilizar el árbol de decisiones de la Figura 1.3 para ayudarse en la elección del método. Es factible que la categoría *tierras convertidas en tierras de cultivo* constituya una categoría principal para muchos países y, más aun, es factible que la biomasa sea una fuente principal.

Nivel 1

El método del Nivel 1 sigue el enfoque del Capítulo 4 (tierras forestales) donde la cantidad de biomasa que se elimina de las tierras de cultivo se estima multiplicando la superficie convertida en un año por las existencias promedio de carbono en la biomasa de las tierras forestales o pastizales previas a la conversión. Es una *buena práctica* contabilizar en su totalidad las conversiones de tierras en tierras de cultivo. Es por ello que esta sección se amplía el método de forma tal que incluye los diferentes usos iniciales, incluyendo pero no limitándose a los bosques.

En la Ecuación 2.15 del Capítulo 2 se resumen los principales elementos de una estimación de primer orden de los cambios en las existencias de carbono producidas por la conversión de tierras a tierras de cultivo. Se estiman los cambios de las existencias de carbono promedio por hectárea para cada tipo de conversión. Los cambios de existencias de carbono promedio equivalen a los cambios de existencia de carbono debidos a la remoción de biomasa del uso de la tierra inicial (es decir, el carbono de la biomasa inmediatamente después de la conversión menos el carbono de la biomasa previo a ella), más las existencias de carbono de un año de crecimiento en las tierras de cultivos que sigue a la conversión. Es necesario contabilizar solamente toda vegetación leñosa que reemplace a la vegetación que se eliminó durante la conversión en el uso de la tierra. En la *GPG-LULUCF* se combinan el carbono de la biomasa posterior a la conversión con el carbono de la biomasa que crece en la tierra después de la conversión en un solo término. En este método, se los separa en dos términos, $B_{\text{DESPUÉS}}$ y $\Delta C_G t$, para realzar la transparencia.

En el Nivel 1, se supone que las existencias de carbono en la biomasa inmediatamente después de la conversión ($B_{\text{DESPUÉS}}$) equivalen a cero, puesto que la tierra se libera de toda la vegetación antes de la plantación de los cultivos. Los cambios de existencias de carbono promedio por hectárea para una conversión de uso de la tierra dada se multiplican por la superficie estimada de tierras sujetas a tal conversión en un año dado. En los años subsiguientes, se considera que los cambios en la biomasa de los cultivos anuales equivalen a cero porque las ganancias de carbono de la biomasa del crecimiento anual se compensan con las pérdidas por cosecha. Los cambios de la biomasa de los cultivos leñosos perennes se contabilizan siguiendo la metodología de la Sección 2.3.1.1 (Cambios en las existencias de biomasa en tierras que permanecen en una categoría de uso de la tierra).

La hipótesis por defecto para el Nivel 1 es que todo el carbono de la biomasa removida se pierde en la atmósfera mediante el quemado o procesos de descomposición, ya sea *in situ* o en otra parte. En los cálculos del Nivel 1 no se hace diferencia entre las emisiones inmediatas del quemado y otras pérdidas relacionadas con la conversión.

Nivel 2

Los cálculos del Nivel 2 son estructuralmente similares a los del Nivel 1, con las siguientes distinciones. En primer lugar, en el Nivel 2, se confía mucho en las estimaciones específicas del país de las existencias de carbono en los usos inicial y final de la tierra más que en los datos por defecto. Las estimaciones de superficie para *tierras convertidas en tierras de cultivo* se desagregan según la vegetación original (p. ej., de tierras forestales o pastizales) a escalas especiales más pormenorizadas para capturar las variaciones regionales y de cultivos en los valores de las existencias de carbono específicos del país.

En segundo lugar, en el Nivel 2 se puede modificar la hipótesis de que las existencias de carbono inmediatas a la conversión equivalen a cero. Esto le permite a los países tener en cuenta las transiciones de uso de la tierra en las que se elimina parte, aunque no toda, la vegetación del uso de la tierra original.

² Todos los depósitos de hojarasca y de madera muerta (estimados empleando los métodos descritos en la Sección 2.3.2 del Capítulo 2) deberán considerarse como oxidados después de la conversión de la tierra.

En tercer lugar, bajo el Nivel 2, es una *buena práctica* prorratear las pérdidas de carbono según el quemado y los procesos de descomposición, si resulta aplicable. Las emisiones de dióxido de carbono se producen como resultado del quemado y la descomposición en las conversiones de uso de la tierra. Es más, como resultado del quemado, se producen emisiones de gases traza no CO₂. Al diferenciarse las pérdidas por quemado y descomposición, los países pueden calcular también las emisiones de gases traza no CO₂ resultantes del quemado (Sección 5.3.4).

Los impactos inmediatos de las actividades de conversión de la tierra sobre las cinco existencias de carbono se pueden resumir en una matriz de perturbación, en la que se describen la retención, las transferencias y las liberaciones de carbono de los depósitos del ecosistema original que siguen a la conversión a tierras de cultivo. Una matriz de perturbación define, para cada depósito, la proporción que permanece en el depósito y la proporción que se transfiere a otros depósitos. Hay un número reducido de transferencias posibles a las que se describe en la matriz de perturbación del Cuadro 5.7. La matriz de perturbación asegura la coherencia en la contabilización de todos los depósitos de carbono.

Las transferencias de biomasa a madera muerta y hojarasca pueden estimarse empleando la Ecuación 2.20.

Nivel 3

El método del Nivel 3 es similar al del Nivel 2, con las siguientes distinciones: i) en lugar de confiar en las tasas anuales promedio de conversión, los países pueden utilizar estimaciones directas de superficies espaciales desagregadas convertidas por año para cada uso de la tierra inicial y final; ii) los cambios en las densidades de carbono y en las existencias de carbono en el suelo se basan en información específica del lugar, lo que hace posible un enlace dinámico entre la biomasa y el suelo; y iii) los volúmenes de biomasa se basan en inventarios reales. La transferencia de biomasa a madera muerta y hojarasca posteriores a la conversión en el uso de la tierra pueden estimarse empleando la Ecuación 2.20.

CUADRO 5.7 EJEMPLO DE UNA MATRIZ SIMPLE DE PERTURBACIÓN (NIVEL 2) PARA LOS IMPACTOS DE LAS ACTIVIDADES DE CONVERSIÓN EN DEPÓSITOS DE CARBONO								
De \ A	Biomasa aérea	Biomasa a subterránea	Madera muerta	Hojarasca	Materia orgánica del suelo	= producto s de madera recolectada	Atmósfera	La suma de la fila (debe dar 1)
Biomasa aérea								
Biomasa subterránea								
Madera muerta								
Hojarasca								
Materia orgánica del suelo								
Especifique la proporción de cada depósito del lado izquierdo de la matriz que se transfiere al depósito de la parte superior de cada columna. Todos los depósitos del lado izquierdo de la matriz deben contabilizarse totalmente, de manera que los valores de cada fila deben sumar 1. Las transiciones que no corresponden están marcadas en negro.								

5.3.1.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN/ABSORCIÓN

Los factores de emisión/absorción necesarios para el método por defecto son: las existencias de carbono previas a la conversión en el uso inicial de la tierra y posteriores a la conversión a tierras de cultivo; y el crecimiento de las existencias de carbono en la biomasa de un año de crecimiento de los cultivos.

Nivel 1

Las existencias de carbono en la biomasa por defecto para las categorías de uso de la tierra iniciales (B_{ANTES}), principalmente tierras forestales y pastizales, pueden verse en el Cuadro 5.8. Se deben obtener las existencias de

carbono sobre la base del uso del suelo para diferentes categorías de tierras forestales o pastizales sobre la base del tipo de bioma, del clima, de los sistemas de gestión del suelo, etc. Se supone que toda la biomasa se elimina cuando se prepara una parcela para su uso como tierra de cultivo, por lo que el valor por defecto de $B_{\text{DESPUÉS}}$ es de 0 ton C há^{-1} .

Además, es necesario contar con un valor para las existencias de carbono después de un año de crecimiento de los cultivos plantados después de la conversión (ΔC_G). En el Cuadro 5.9 pueden verse los valores por defecto de ΔC_G . Se incluyen valores por defecto individuales para los cultivos anuales no leñosos y leñosos perennes. Para las tierras con cultivos anuales, el valor por defecto de ΔC_G es de 5 toneladas de C por hectárea, sobre la base de la recomendación incluida en las *Directrices del IPCC* originales de 10 toneladas de biomasa seca por hectárea (en el Cuadro 5.9, la biomasa seca se ha convertido en toneladas de carbono). A través del tiempo, la acumulación total de carbono en la biomasa leñosa perenne va a exceder a las existencias de carbono por defecto para tierras de cultivos anuales. No obstante, los valores por defecto que se ofrecen en esta sección corresponden a un año de crecimiento inmediato a la conversión, lo que suele dar existencias de carbono más bajas para los cultivos leñosos perennes que para los cultivos anuales.

CUADRO 5.8 EXISTENCIAS DE CARBONO EN LA BIOMASA POR DEFECTO QUE SE ELIMINAN DEBIDO A LA CONVERSIÓN EN TIERRAS DE CULTIVO		
Categoría de uso de la tierra	Existencias de carbono en la biomasa previas a la conversión (B_{ANTES}) (ton C ha^{-1})	Rango de error [#]
tierras forestales	Véanse los Cuadros 4.7 a 4.12 del Capítulo 4 para conocer las existencias de carbono en una gama de tipos de bosques por regiones climáticas. Las existencias están en términos de materia seca. <i>Multiplicar los valores por una fracción de carbono (CF) de 0,5 para convertir materia seca en carbono.</i>	Véase la Sección 4.3 (tierras convertidas en tierras forestales)
Tierra de pastura	Véase el Capítulo 6 para conocer las existencias de carbono en una gama de tipos de pastizales por regiones climáticas.	$\pm 75\%$
[#] Representa una estimación nominal del error, equivalente a dos veces la desviación estándar, como porcentaje de la media.		

CUADRO 5.9 EXISTENCIAS DE CARBONO EN BIOMASA POR DEFECTO PRESENTES EN TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS DE CULTIVO DURANTE EL AÑO SIGUIENTE A LA CONVERSIÓN		
Tipo de cultivo por región climática	Existencias de carbono en la biomasa después de un año (ΔC_G) (ton C ha^{-1})	Rango de error [#]
Tierra de cultivo anual	5,0	$\pm 75\%$
Tierra de cultivo perenne		
Templada (todos los regímenes de humedad)	2,1	$\pm 75\%$
Boreal, seco	1,8	$\pm 75\%$
Tropical, húmedo	2,6	$\pm 75\%$
Tropical, muy húmedo	10,0	$\pm 75\%$
[#] Representa una estimación nominal del error, equivalente a dos veces la desviación estándar, como porcentaje de la media.		

Nivel 2

Los métodos de Nivel 2 deben incluir algunas estimaciones específicas del país de existencias y remociones de biomasa debidas a conversión de la tierra, además de incluir estimaciones de pérdidas *in situ* y en otra parte debidas a quemado y descomposición a causa de la conversión de tierras en tierras de cultivo. Estas mejoras

pueden tomar la forma de estudios sistemáticos sobre el contenido de carbono y las emisiones y absorciones relacionadas con los usos de la tierra y con las conversiones en el uso de la tierra dentro del país y una reevaluación de las hipótesis por defecto empleadas a la luz de las condiciones específicas del país.

Se suministran los parámetros por defecto para emisiones resultantes de quemado y descomposición. No obstante, se alienta a los países a que desarrollen coeficientes específicos del país para mejorar la exactitud de las estimaciones. En las *Directrices del IPCC* se utiliza un valor general por defecto de 0,5 para la proporción de biomasa quemada *in situ* tanto para conversiones de tierras forestales como de pastizales. Hay trabajos de investigación que sugieren que la fracción es muy variable y que podría ser hasta de un mínimo de 0,2 (Fearnside, 2000; Barbosa y Fearnside, 1996; y Fearnside, 1990). En el Capítulo 4 se incluyen proporciones por defecto actualizada de biomasa quemada *in situ* (tierras forestales) para toda una gama de clases de vegetación forestal. Estos valores por defecto se deben usar para transiciones de tierras forestales a tierras de cultivo. Para usos de la tierra iniciales no forestales, la proporción por defecto de biomasa que queda en el campo y quemada es de 0,35. En este valor por defecto se tienen en cuenta trabajos de investigación que sugieren que la fracción debe estar en un rango de entre 0,2 y 0,5 (p. ej., Fearnside, 2000; Barbosa y Fearnside, 1996; y Fearnside, 1990). Es una *buena práctica* para los países usar 0,35 u otro valor dentro de dicho rango, siempre que se documente la razón por la que se lo eligió. No hay valor por defecto para la cantidad de biomasa que se saca del lugar y se quema; cada país debe desarrollar una proporción sobre la base de fuentes de datos nacionales. En el Capítulo 4 (tierras forestales), la proporción por defecto de biomasa oxidada a resultados del quemado es de 0,9, como se señalara originalmente en la *GPG-LULUCF*.

En el método para estimar las emisiones por descomposición se supone que toda la biomasa se descompone en un período de 10 años. A los efectos de la declaración, los países tienen dos opciones: 1) declarar todas las emisiones por descomposición de un año, reconociendo que, en realidad, se producen durante un período de 10 años, y 2) declarar todas las emisiones por descomposición sobre una base anual, estimando la tasa como un décimo de los totales. Si los países eligen la última opción, deben agregar un factor multiplicador de 0,10 a la ecuación.

Nivel 3

Bajo el Nivel 3, todos los parámetros deben definirse por país empleando mediciones o monitorizaciones en pro de valores más exactos que los fijados por defecto. También pueden usarse modelos y funciones de descomposición basados en procesos.

5.3.1.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Todos los niveles requieren estimaciones de superficies de tierra convertidas en tierras de cultivo. Se deben utilizar las mismas estimaciones de superficie para los cálculos del C en la biomasa y del suelo en *tierras convertidas en tierras de cultivo*. Los niveles superiores requieren mayor especificidad en las superficies. Como mínimo, se deben identificar por separado, para todos los niveles, las superficies de tierras forestales y de pastizales naturales convertidas en tierras de cultivo. Esto implica, por lo menos, cierto conocimiento de los usos de la tierra previos a la conversión. También puede requerir un dictamen de expertos si se usa el Método 1 del Capítulo 3 de estas directrices para la identificación de la superficie de la tierra.

Nivel 1

Se requieren estimaciones por separado de las superficies convertidas en tierras de cultivo desde los usos de la tierra iniciales (es decir, tierras forestales, pastizales, asentamientos, etc.) hasta el tipo de tierra de cultivo final (es decir, anual o perenne) (A_{A_OTRAS}). Por ejemplo, los países deben estimar por separado las superficies de bosques húmedos tropicales convertidas en tierras de cultivo anuales, de bosques húmedos tropicales convertidas en tierras de cultivos perennes, de pastizales húmedos tropicales convertidas en tierras de cultivos perennes, etc. No obstante, para permitir que otros depósitos se equilibren y en pro de la coherencia con la estimación de la superficie de tierra en general, las superficies de tierra deben permanecer en la categoría de conversión durante 20 años (o durante otro período que refleje las circunstancias nacionales) posteriores a la conversión. La metodología supone que las estimaciones de superficie se basan en un marco temporal de un año, lo que es factible que requiera una estimación sobre la base de tasas promedio de conversión del uso de la tierra, determinadas por estimaciones por medición realizadas a intervalos más prolongados. Si los países no cuentan con estos datos, se pueden extrapolar, a través del tiempo, muestras parciales a la totalidad de la base territorial o estimaciones históricas de conversiones a nivel temporal sobre la base del dictamen de expertos locales. En los cálculos de Nivel 1, se pueden utilizar estadísticas internacionales, como las de las bases de datos de la FAO, y otras fuentes, complementadas con hipótesis sensatas, para estimar la superficie de *tierras convertidas en tierras de cultivo* a partir de cada uno de los usos iniciales de la tierra. Para los cálculos de nivel superior, se emplean fuentes de datos específicas del país a fin de estimar todas las posibles transiciones del uso inicial de la tierra al tipo final de cultivo.

Nivel 2

Constituye una *buena práctica* que los países utilicen estimaciones de superficie reales para todas las transiciones posibles del uso de la tierra inicial al tipo de cultivo final. Se puede lograr una cobertura total de todas las superficies de tierra ya sea mediante el análisis de imágenes remotas obtenidas periódicamente de las pautas de uso y cobertura de la tierra, a través de muestreos periódicos en el terreno de las pautas de uso de la tierra, o aplicando sistemas de inventario híbridos. Si se dispone parcialmente de datos de resolución más detallada específicos del país, se alienta a los países a utilizar hipótesis sensatas obtenidas del mejor conocimiento de que se disponga para extrapolarlas a la toda la base del terreno. Las estimaciones históricas de las conversiones pueden extrapolarse a través del tiempo sobre la base del criterio de los expertos nacionales.

Nivel 3

Los datos de la actividad que se empleen en los cálculos de Nivel 3 deben constituir una contabilización completa de todas las transiciones en el uso de la tierra a tierras de cultivo y deben estar desagregados para tener en cuenta las diferentes condiciones dentro de un país. La desagregación puede ser por parámetros políticos (condado, provincia, etc.), bioma, clima o una combinación de ellos. En muchos casos, los países pueden contar con información sobre tendencias de varios años en conversión de la tierra (de inventarios del uso de la tierra y su cobertura obtenidos de inventarios basados en muestreos o por detección remota). Es necesario desarrollar una matriz de los periódicos cambios en el uso de la tierra que suministren las superficies iniciales y finales del uso de la tierra a nivel desagregado y sobre la base de detección remota y sondeos de campo.

5.3.1.4 PASOS DE CÁLCULO PARA LOS NIVELES 1 Y 2

A continuación se resumen los pasos a dar para estimar el cambio en las existencias de carbono en biomasa (ΔC_B) empleando los métodos por defecto

Utilizando las hojas de trabajo que se suministran para *tierras convertidas en tierras de cultivo* (véase el Anexo 1 – Hojas de trabajo AFOLU), calcular el cambio en las existencias de carbono en biomasa de las *tierras convertidas en tierras de cultivo* de la siguiente manera:

Paso 1: especificar las subcategorías de tierras de cultivo del año de la declaración. También pueden emplearse las subcategorías de tierras de cultivo usadas en la Sección 5.2 para llenar la columna que corresponda de la hoja de trabajo.

Paso 2: para cada subcategoría, determinar la superficie anual de tierras convertidas en tierras de cultivo (A_{OTRAS}). Los datos relativos a la superficie anual pueden obtenerse de varias fuentes, a saber: Ministerio de Silvicultura, Ministro de Agricultura, Ministerio de Planificación, o Oficina de Mapeo dentro de cada país.

Paso 3: para cada subcategoría, ingresar las existencias de carbono de la biomasa inmediatamente después de la conversión a tierras de cultivo ($B_{\text{DESPUÉS}}$), en ton C há^{-1} . Los datos de biomasa y carbono pueden ser valores por defecto o valores específicos del país.

Paso 4: para cada subcategoría, especificar las existencias de carbono de la biomasa inmediatamente anteriores a la conversión en tierras de cultivo (B_{ANTES}), en ton C há^{-1} . Los datos de biomasa y carbono pueden ser valores por defecto o valores específicos del país.

Paso 5: calcular los cambios en las existencias de carbono por superficie ($C_{\text{CONVERSIÓN}}$) para el tipo de conversión cuando la tierra se convirtió en Tierra de cultivo (Ecuación 2.16).

Paso 6: obtener los valores de los cambios en las existencias de carbono del crecimiento en las tierras de cultivo durante un año (ΔC_G) y la reducción del carbono en la biomasa debida a pérdidas (ΔC_L) utilizando el Cuadro 5.1. Especificar los valores en la columna que corresponda.

Paso 7: estimar los cambios anuales en las existencias de carbono en biomasa de *tierras convertidas en tierras de cultivo* (ΔC_B) empleando la Ecuación 2.15.

Paso 8: sumar todos los cambios anuales de las existencias de carbono en la biomasa.

5.3.1.5 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Nivel 1

Las fuentes de incertidumbre de este método surgen del uso de tasas de conversión internacionales o nacionales promedio y de estimaciones de superficies de tierras convertidas en tierras de cultivo. Además, el hecho de confiar en parámetros por defecto en cuanto a las condiciones iniciales y finales de las existencias de carbono trae aparejados grados de incertidumbre relativamente altos. Los valores por defecto de este método llevan asociados rangos de error. Para derivar los datos por defecto que se suministran en la Sección 5.2, se utilizó una recopilación publicada en un trabajo de investigación sobre existencias de carbono en sistemas agroforestales (Schroeder, 1994). A pesar de que los valores por defecto se derivaron de múltiples estudios, no se incluyeron en

la publicación sus respectivos rangos de incertidumbre. Por lo tanto, sobre la base de un dictamen de expertos, se supuso un nivel de incertidumbre por defecto de $\pm 75\%$ en las existencias de carbono. Es factible que las *tierras convertidas en tierras de cultivo* constituyan una categoría de fuente principal para muchos países y deberán realizarse todos los esfuerzos posibles por reducir la incertidumbre.

Nivel 2

En el método de Nivel 2 se emplean, como mínimo, valores por defecto definidos para el país, lo que mejora la exactitud de las estimaciones porque esos valores representan mejor las condiciones pertinentes para el país. El uso de valores específicos del país debe implicar suficientes tamaños de muestras o el uso de dictámenes de expertos para estimar las incertidumbres. Esto, junto con las estimaciones de incertidumbre sobre datos de la actividad derivados utilizando lo aconsejado en el Capítulo 3, debe usarse en los métodos para análisis de incertidumbre descritos en el Capítulo 3 del Volumen 1 de este informe.

Nivel 3

Los datos de la actividad de un sistema de inventario sobre uso y gestión de la tierra deben servir de base para asignar estimaciones de incertidumbre a las áreas relacionadas con los cambios en el uso de la tierra. Para combinar datos sobre emisiones y actividad y sus respectivas incertidumbres se pueden utilizar procedimientos de Monte-Carlo, a fin de estimar medias e intervalos de confianza para la totalidad del inventario. Es factible que la incertidumbre sea menor que en los demás niveles, puesto que las estimaciones de cambios en las existencias de carbono se basan en más mediciones y en modelos más refinados.

5.3.2 Materia orgánica muerta

Potencialmente, las tierras forestales, los pastizales, los asentamientos y otras categorías de usos de la tierra se podrían convertir en tierras de cultivo, las que, por lo general, tienen poco o nada de madera muerta u hojarasca, a excepción de los sistemas agroforestales. Se suministran métodos para dos tipos de depósitos de materia orgánica muerta: 1) madera muerta, y 2) hojarasca. En el Capítulo 1 de este informe se encuentran definiciones detalladas de estos depósitos.

Los de madera muerta son depósitos diversos difíciles de medir y con incertidumbres asociadas respecto a las tasas de transferencia a hojarasca, suelo o emisiones a la atmósfera.

La acumulación de hojarasca depende de su caída, que incluye todas las hojas, brotes y ramitas, frutas, flores y corteza, menos la tasa anual de descomposición. La masa de hojarasca también se ve influenciada por el tiempo transcurrido desde la última perturbación y por el tipo de perturbación. Durante las primeras etapas del desarrollo de las tierras de cultivo, la hojarasca aumenta rápidamente. La gestión, incluyendo la cosecha y el quemado de la vegetación alteran significativamente las existencias de hojarasca, pero hay pocos estudios que documenten claramente los efectos de la gestión sobre el carbono de la hojarasca.

En general, las tierras de cultivo contienen poco o nada de madera muerta u hojarasca y, por lo tanto, a menudo, se puede suponer que estos depósitos se aproximan a cero después de la conversión, a excepción de los sistemas agroforestales que pueden contabilizarse bajo tierras de cultivo o bajo tierras forestales, según las definiciones adoptadas por los países para la declaración. Es factible que esto también sea cierto respecto a muchos usos de la tierra previos a la conversión, de manera que los correspondientes depósitos de carbono previos a la conversión también pueden considerarse inexistentes. Las excepciones son los bosques, los sistemas agroforestales y los humedales convertidos en tierras de cultivo, en los que podría haber cantidades significativas de carbono en los depósitos de DOM, así como las áreas forestales alrededor de asentamientos que se puedan haber definido como asentamientos en base al uso cercano y no como cobertura de la tierra.

Estimar los cambios en las existencias de carbono en DOM para tierras convertidas en tierras de cultivo a niveles superiores requiere un método de dos fases. Durante la primera fase, se produce, a menudo, un cambio abrupto en la DOM relacionado con el cambio en el uso de la tierra, en particular el cambio es entonces deliberado y relacionado con las operaciones de preparación del terreno (p. ej., desbroce y quemado). En la segunda fase se consideran los procesos de descomposición y acumulación durante un período de transición a un nuevo sistema de régimen constante. En cierto momento, el ecosistema de tierras de cultivo debe alcanzar un equilibrio, momento en el cual se lo puede considerar *tierras de cultivo que permanecen como tales* y contabilizarse bajo esa categoría. El período de transición debe ser de 20 años, pero algunos países pueden determinar el período de transición apropiado con más exactitud a niveles más altos.

A fin de considerar el período de transición, las tierras convertidas en tierras de cultivo deben tratarse como cohortes anuales. Es decir, las tierras convertidas durante un año dado deben contabilizarse con los métodos de la Fase 1 en el año de la conversión y, con los de la Fase 2, en los 19 años subsiguientes. Al finalizar el período de 20 años, la superficie de tierra de ese año se suma a la contabilizada bajo la categoría *tierras de cultivo que permanecen como tales*.

5.3.2.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

El árbol de decisiones de la Figura 2.3 del Capítulo 2 ofrece ayuda para la selección del nivel de método apropiado para la aplicación de los procedimientos de estimación. La estimación de los cambios en las existencias de carbono en DOM requiere una estimación de los cambios de las existencias de madera muerta y hojarasca (véase la Ecuación 2.17 del Capítulo 2).

Cada uno de los depósitos de DOM (madera muerta y hojarasca) deben tratarse por separado, pero el método para cada depósito es el mismo.

Nivel 1

Un método de Nivel 1 implica estimar la superficie de cada tipo de conversión de la tierra empleando sólo las categorías de conversión más importantes (p. ej., tierras forestales a tierras de cultivo). Bajo el Nivel 1, el cambio inmediato y abrupto en las existencias de carbono (Fase 1) en madera muerta y hojarasca, debido a la conversión de otras tierras en tierras de cultivo se estima empleando la Ecuación 2.23 del Capítulo 2. Es factible que el término C_0 de la Ecuación 2.23 sea cero y que no haya necesidad de dividir T_{on} . En el Nivel 1, por defecto, se supone que se elimina toda la madera muerta y la hojarasca durante la conversión y que no hay madera muerta ni hojarasca que permanezca o se acumule en las *tierras convertidas en tierras de cultivo*. A los países en los que se sabe que tal hipótesis es falsa (p. ej., donde hay una práctica generalizada de tala de broza y quema) se los alienta a utilizar un nivel superior para contabilizar las tierras convertidas en tierras de cultivo. Además, se supone que las tierras de cultivo alcanzan su biomasa de régimen constante durante el primer año posterior a la conversión. En consecuencia, para el Nivel 1, la Fase 2 no tiene período de transición y las tierras convertidas en tierras de cultivo se transfieren a *tierras de cultivo que permanecen como tales* durante el segundo año posterior a la conversión.

En la mayoría de los sistemas, no se dispone de valores por defecto de madera muerta u hojarasca. En cuanto a los bosques, no hay valores internacionales por defecto para madera muerta, pero sí los hay para hojarasca (Cuadro 2.2 del Capítulo 2). Estos valores son en términos de ton C há^{-1} y no en términos de existencias de hojarasca. Los países deben realizar sus mejores estimaciones y utilizar datos locales de instituciones de investigación forestal y agrícola a fin de suministrar las mejores estimaciones de madera muerta y hojarasca del sistema inicial previo a la conversión.

Nivel 2

Los métodos de Nivel 2 requieren una desagregación mayor que la empleada en el Nivel 1. Deben declararse los datos de la actividad por regímenes de gestión. En el Nivel 2 también se emplea el método de dos fases antes descrito.

Como se recomendara con anterioridad en la sección sobre biomasa, los impactos inmediatos de las actividades de conversión de la tierra sobre las existencias de carbono se pueden resumir en una matriz de perturbación. En la matriz de perturbación se describen la retención, las transferencias y las liberaciones de carbono de los depósitos del ecosistema original que siguen a la conversión en tierras de cultivo. Una matriz de perturbación define la proporción de existencias de carbono que permanece en ese depósito y la proporción que se transfiere a otros depósitos. Hay un número reducido de transferencias posibles las que se describe en la matriz de perturbación del Cuadro 5.7. El uso de una matriz de perturbación garantiza la coherencia en la contabilización de todos los depósitos de carbono.

El cambio inmediato y abrupto de las existencias de carbono en madera muerta debido a la conversión de otras tierras a tierras de cultivo bajo los Niveles 2 y 3 se estimar empleando la Ecuación 2.23 del Capítulo 2, como se sugiriera en el Nivel 1. A menudo, durante el período de transición, los depósitos de carbono que ganan o pierden carbono muestran una curva no lineal de pérdida o acumulación que se puede representar mediante sucesivas matrices de transición. En el Nivel 2, se puede suponer una función de cambio lineal; en un enfoque de Nivel 3 basado en este método se deben utilizar las verdaderas formas de las curvas. Estas curvas deben aplicarse a cada cohorte que esté bajo transición durante el año de la declaración a fin de estimar los cambios anuales de los depósitos de carbono en madera muerta y hojarasca.

Para el cálculo de los cambios en el carbono de la madera muerta y la hojarasca durante la fase de transición, se sugieren dos métodos:

Método 1 (También llamado **Método de ganancias y pérdidas**, Ecuación 2.18 del Capítulo 2): El método 1 implica estimar la superficie de cada tipo de conversión de la tierra y el promedio anual de transferencia hacia y desde las existencias de madera muerta y hojarasca. Exige una estimación de la superficie bajo *tierras convertidas en tierras de cultivo* según los diferentes tipos de clima o de tierras de cultivo, el régimen de gestión u otros factores que afecten significativamente los depósitos de carbono en madera muerta y hojarasca y la cantidad de biomasa transferida a las existencias de madera muerta y hojarasca, así como la cantidad de biomasa

transferida de las existencias de madera muerta y hojarasca por hectárea y según los diferentes tipos de tierras de cultivo.

Método 2 (También llamado **Método de diferencia de existencias**, Ecuación 2.19 del Capítulo 2): El método 2 implica estimar la superficie de *tierras convertidas en tierras de cultivo* y, a continuación, estimar las existencias de madera muerta y hojarasca en dos periodos dados, t_1 y t_2 . Los cambios ocurridos en las existencias de madera muerta y hojarasca en el año de inventario se calculan dividiendo los cambios en las existencias por el período (años) transcurrido entre dos mediciones. El método de diferencia de existencias se puede aplicar en los países en los que se realizan inventarios periódicos. Este método es más apropiado para los países que adoptan los métodos de Nivel 3. Los métodos de Nivel 3 se emplean en los países que cuentan con factores de emisión específicos del país y con datos considerable a nivel nacional. La metodología definida para el país puede basarse en inventarios detallados de parcelas de muestreo permanente de sus tierras de cultivo y/o en modelos.

Nivel 3

En cuanto al Nivel 3, los países deben desarrollar sus propias metodologías y sus propios parámetros para estimar los cambios de DOM. Estas metodologías pueden derivarse de los dos métodos antes especificados, o pueden basarse en otros enfoques. El método utilizado debe documentarse claramente.

Este Método 2 puede resultar apropiado para los países que adoptan los métodos de Nivel 3. Los métodos de Nivel 3 se emplean en los países que cuentan con factores de emisión específicos del país y con datos considerables a nivel nacional. La metodología definida para el país puede basarse en inventarios detallados de parcelas de muestreo permanente de sus tierras de cultivo y/o en modelos.

5.3.2.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN/ABSORCIÓN

Fracción de carbono: la fracción de carbono de la madera muerta y la hojarasca es variable y depende de la etapa de descomposición. La madera es mucho menos variable que la hojarasca y se puede utilizar un valor de 0,5 ton C (ton d.m.)⁻¹ para la fracción de carbono.

Nivel 1

En el Nivel 1, se supone que las existencias de madera muerta y hojarasca de las tierras convertidas en tierras de cultivo se pierden en su totalidad durante la conversión, y que no hay acumulación de nueva DOM en las tierras de cultivo con posterioridad a la conversión. Se alienta a los países a que experimentan conversiones significativas de otros ecosistemas en tierras de cultivo con un significativo componente de madera muerta u hojarasca (p. ej., sistemas de tala y quema para el desbroce de las tierras, agroforestación, etc.) a que desarrollen datos nacionales para cuantificar este impacto y declararlo según las metodologías de Niveles 2 o 3.

Nivel 2

Es una *buen práctica* utilizar datos de nivel nacional sobre madera muerta y hojarasca para diferentes categorías de tierras de cultivo, en combinación con valores por defecto, si no se dispone de valores específicos del país o de la región respecto a algunas categorías de conversión. Los valores específicos del país de transferencia de carbono de árboles vivos y otros cultivos que se cosechan a residuos de cosecha, así como los índices de descomposición, en el caso del Método 1 (Método de ganancias y pérdidas), o el cambio neto en los depósitos de DOM, en el caso del Método 2 (Método de diferencia de existencias), pueden derivarse de los factores de expansión nacionales, teniendo en cuenta el tipo de tierras de cultivo, la tasa de utilización de la biomasa, las prácticas de cosecha, y la cantidad de vegetación deteriorada durante las operaciones de cosecha. Los valores específicos del país en cuanto a regímenes de perturbaciones deben derivarse de estudios científicos.

Nivel 3

Las estimaciones de carbono en DOM desagregadas a nivel nacional deben determinarse como parte de un inventario nacional de usos de la tierra, de modelos de nivel nacional o de un programa de inventarios específico para gases de efecto invernadero, con muestreos periódicos según los principios establecidos en el Capítulo 3, Anexo 3A.3. Los datos del inventario pueden acompañarse de estudios de modelización para capturar la dinámica de todos los depósitos de carbono de las tierras de cultivo.

Los métodos del Nivel 3 permiten obtener estimaciones con mayor certidumbre que los métodos inferiores y se caracterizan por una mejor relación entre los distintos depósitos de carbono. Algunos países han desarrollado matrices de perturbación que dan como resultado una pauta de reasignación de carbono entre los distintos depósitos para cada tipo de perturbación. Otros parámetros importantes en la modelización del balance de carbono en DOM son las tasas de descomposición, las que pueden variar según el tipo de madera y las condiciones del microclima, y los procedimientos de preparación de la tierra (p. ej., corta y quema controladas, o quemado de pilas).

5.3.2.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Los datos de la actividad deben ser coherentes con los que se utilizaran para estimar los cambios en la biomasa de tierras convertidas en tierras de cultivo. Se puede obtener, de forma coherente con los principios generales establecidos en el Capítulo 3 y según se describiera antes por medio de estadísticas nacionales, servicios forestales, organismos de conservación, ayuntamientos u organismos de sondeos y mapeo. Se deben realizar verificaciones cruzadas para garantizar una representación completa y coherente de las tierras convertidas anualmente, a fin de evitar omisiones o cálculos dobles. Los datos deben desagregarse de acuerdo con las categorías generales de clima y los tipos de tierras de cultivo. Los inventarios de Nivel 3 exigen información más exhaustiva sobre el establecimiento de nuevas tierras de cultivo, con información más refinada sobre las clases de suelos, climas y resolución espacial y temporal. Todos los cambios que se hayan producido durante la cantidad de años seleccionada como período de transición deben incluirse con las transiciones más antiguas que el período de transición (por defecto 20 años) declaradas como subdivisión de las *tierras de cultivo que permanecen como tales*.

Todos los niveles requieren estimaciones de superficies de tierra convertidas en tierras de cultivo. Los mismos datos de superficie deben utilizarse para los cálculos de biomasa, materia orgánica muerta y estimaciones de carbono en el suelo. Si es necesario, los datos de superficie utilizados en el análisis de suelos se pueden agregar para que coincidan con la escala espacial requerida para estimaciones de menor orden de biomasa; no obstante, a niveles superiores, en la estratificación deben tenerse en cuenta los tipos de suelos más importantes. Los datos de superficie deben obtenerse aplicando los métodos descritos en el Capítulo 3. Los niveles superiores requieren mayor detalle pero el requisito mínimo para que los inventarios resulten coherentes con las *Directrices del IPCC* es que las superficies de conversión de bosques puedan identificarse por separado. Esto se debe a que, habitualmente, los bosques tienen una mayor densidad de carbono antes de la conversión. Lo cual implica que se va a necesitar, por lo menos, un conocimiento parcial de la matriz de cambios en el uso de la tierra y, por lo tanto, dónde se están usando los Métodos 1 y 2 del Capítulo 3 para estimar la superficie de tierra, así como pueden ser necesarios sondeos complementarios para identificar la superficie de tierra que se está convirtiendo de tierras forestales en tierras de cultivo. Como se señalara en el Capítulo 3, donde se esté comenzando a realizar sondeos, a menudo va a resultar más exacto determinar directamente las superficies bajo conversión que estimarlas a partir de las diferencias de las superficies totales de tierra bajo ciertos usos en particular en diferentes momentos.

5.3.2.4 PASOS DE CÁLCULO PARA LOS NIVELES 1 Y 2

Nivel 1

Paso 1: determinar las categorías de conversión de tierras a emplear en esta evaluación y la superficie representativa de la conversión por año (A_{on}). Los datos de superficie deben obtenerse aplicando los métodos descritos en el Capítulo 3. Los niveles más altos requieren mayor detalle pero el requisito mínimo para que los inventarios resulten coherentes con las *Directrices del IPCC* cuando se emplea el Nivel 1 es que las superficies de conversión de tierras forestales a tierras de cultivo puedan identificarse por separado.

Paso 2: para cada categoría de actividad, determinar las existencias de madera muerta y hojarasca (por separado) por hectárea previas a la conversión (ΔC_0).

Paso 3: para cada categoría de actividad, determinar las existencias de madera muerta y hojarasca (por separado) por hectárea para el tipo particular de tierra de cultivo después de la conversión (ΔC_n). En el Nivel 1, se supone que las existencias de madera muerta y hojarasca después de la conversión equivalen a cero.

Paso 4: calcular el cambio neto en las existencias de madera muerta y hojarasca por hectárea para cada tipo de conversión, restando las existencias iniciales de las finales. Un valor negativo indica una pérdida en las existencias.

Paso 5: convertir el cambio neto de las existencias individuales en unidades de ton C há^{-1} multiplicando el cambio neto de existencias por la fracción de carbono de esas existencias ($0,4 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1}$ para hojarasca, y $0,5 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1}$ para madera muerta).

Paso 6: multiplicar el cambio neto de cada existencia de C por la superficie convertida durante el año de declaración, para obtener el cambio anual de las existencias de carbono en madera muerta y hojarasca (ΔC_{DOM}).

Nivel 2

Paso 1: determinar las categorías de conversión de tierras a emplear en esta evaluación y la superficie representativa de la conversión por año. Cuando el cálculo se realice para tierras en la fase de transición, se requiere contar con superficies representativas de cada categoría en las distintas etapas de la conversión.

Paso 2: Cambios abruptos

- determinar las categorías de actividad a utilizar en esta evaluación y las superficies representativas. La categoría consta de definiciones del tipo de conversión y, de corresponder, en la naturaleza de la gestión de la previa cobertura terrestre y la gestión de las tierras de cultivo, por ejemplo: «conversión de bosques estacionales tropicales talados en cultivos cerealeros».
- Para cada categoría de actividad, determinar las existencias de madera muerta y hojarasca (por separado) por hectárea, previas a la conversión.
- Para cada categoría de actividad, determinar las existencias de madera muerta y hojarasca (por separado) por hectárea después de transcurrido un año desde la conversión en tierras de cultivo.
- Calcular el cambio neto en las existencias de madera muerta y hojarasca por hectárea para cada tipo de conversión, restando las existencias iniciales de las finales. Un valor negativo indica una pérdida en las existencias.
- Convertir el cambio neto en las existencias individuales en unidades de ton C há^{-1} , como se mencionara en el Nivel 1.
- Multiplicar el cambio neto de cada existencia de C por la superficie convertida durante el año de la declaración.

Paso 3: Cambios de la transición

- Determinar las categorías de actividad y los cohortes a utilizar en esta evaluación y las superficies representativas. La categoría consta de definiciones del tipo de conversión y, de corresponder, de la naturaleza de la gestión de la previa cobertura terrestre y la gestión de las tierras de cultivo, por ejemplo: «conversión de bosques estacionales tropicales talados en pasturas para ganado con gramíneas exóticas».
- Determinar la tasa de cambio anual de las existencias de madera muerta y hojarasca (por separado) por tipo de actividad, aplicando el Método 1 (Método de ganancias y pérdidas) o el Método 2 (Método de diferencia de existencias) (ver más adelante) para cada cohorte de tierras que actualmente se encuentra en su fase de transición entre la conversión y un nuevo sistema de tierras de cultivo de régimen constante.
- Determinar las existencias de madera muerta y hojarasca del cohorte durante el año anterior (generalmente tomado del inventario anterior).
- Calcular el cambio en las existencias de madera muerta y hojarasca para cada cohorte sumando la tasa de cambio neta a las existencias del año anterior.
- Convertir el cambio neto en las existencias individuales en unidades de ton C há^{-1} como se describiera en el Nivel 1.
- Multiplicar el cambio neto de cada existencia de C por la superficie de cada cohorte en el año de la declaración.

Método 1 (Método de ganancias y pérdidas; véase la Ecuación 2.18 del Capítulo 2)

- Determinar las entradas anuales promedio de madera muerta y hojarasca (por separado).
- Determinar las pérdidas anuales promedio de madera muerta y hojarasca (por separado).
- Determinar la tasa de cambio neto de madera muerta y hojarasca, restando las salidas de las entradas.
- Un método de Nivel 2 requiere factores de cambio de existencias específicas del país y específicas del sistema de cultivo y deben usarse (y documentarse) los mejores datos de que se disponga localmente.

Método 2 (Método de diferencia de existencias; véase la Ecuación 2.19 del Capítulo 2)

- Determinar el intervalo temporal del inventario, las existencias promedio de madera muerta y hojarasca en el inventario inicial, y las existencias promedio de madera muerta y hojarasca del inventario final.

- Utilizar estas cifras para calcular el cambio neto en las existencias de madera muerta y hojarasca, restando las existencias iniciales de las existencias finales y dividiendo esta diferencia por la cantidad de años entre inventarios. Un valor negativo indica una pérdida en las existencias.
- Un método de Nivel 2 requiere factores de cambio de existencias específico del país y del sistema de cultivo y deben usarse (y documentarse) los mejores datos de que se disponga localmente.

5.3.2.5 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

En esta sección se consideran las incertidumbres específicas de las fuentes, pertinentes para las estimaciones de tierras convertidas en tierras de cultivo. Entre las fuentes de incertidumbre se incluyen el grado de exactitud de las estimaciones de superficies de tierra, el incremento y la pérdida de carbono, las existencias de carbono, la fracción quemada de la superficie de tierra, y los términos del factor de expansión. Se deben calcular las estimaciones de error (es decir, desviaciones estándar, errores estándar, o rangos) para cada uno de los términos definidos por país empleados en una evaluación básica de incertidumbre.

Incertidumbres del factor de emisión

Son las mismas que las incertidumbres relacionadas con la estimación de las existencias de hojarasca y de materia orgánica muerta por unidad de superficie en el uso previo de la tierra. No es necesario estimar las incertidumbres en los casos en los que se supone que la densidad de carbono en los depósitos de hojarasca y de materia orgánica muerta de las tierras de cultivo equivale a cero. Donde éste no sea el caso, las incertidumbres deben determinarse mediante un análisis de los datos locales y ambas deben exceder un factor de aproximadamente 2.

Incertidumbres en los datos de la actividad

Los datos de superficie y las estimaciones de incertidumbre deben obtenerse empleando los métodos del Capítulo 3. Con los métodos de los Niveles 2 y 3 también se pueden emplear datos de la actividad de mayor resolución, como las estimaciones de superficie para distintas regiones climáticas o para los sistemas de gestión de tierras de cultivo dentro de las fronteras nacionales. Esto reduce los niveles de incertidumbre cuando se los relacione con los factores de acumulación de carbono definidos con la misma resolución.

5.3.3 Carbono del suelo

Es típico que se conviertan en tierras de cultivo los terrenos nativos, las tierras forestales gestionadas y los pastizales, pero a veces las conversiones pueden ser de humedales y, rara vez, de asentamientos. Independientemente del tipo de suelo (es decir, mineral u orgánico), en la mayoría de los casos, la conversión de tierras en tierras de cultivo trae como resultado una pérdida de C del suelo durante algunos años tras la conversión (Mann, 1986; Armentano y Menges, 1986; Davidson y Ackerman, 1993). Las posibles excepciones son la irrigación de tierras antes áridas y la conversión de tierras degradadas a tierras de cultivo.

Se suministran información general y orientación sobre cómo estimar los cambios en las existencias de C del suelo en la Sección 2.3.3 del Capítulo 2 (incluyendo ecuaciones) y esa sección debe leerse antes de continuar el análisis de las directrices específicas referidas a las existencias de C del suelo en tierras de cultivo. Los cambios totales de las existencias de C del suelo en *tierras convertidas en tierras de cultivo* se estiman utilizando la Ecuación 2.24 (Capítulo 2), en la que se combinan los cambios en las existencias de C orgánico del suelo (existencias de SOC) para suelos minerales y orgánicos, con los cambios en las existencias de los depósitos de C inorgánico del suelo (Nivel 3 solamente). En esta sección se brinda orientación específica para estimar los cambios en las existencias de C orgánico del suelo; véase la Sección 2.3.3.1 en cuanto a un análisis sobre el C inorgánico del suelo (no se brinda ninguna orientación adicional en la sección que sigue, referida a tierras de cultivo).

A fin de contabilizar los cambios en las existencias de C del suelo relacionados con *tierras convertidas en tierras de cultivo*, los países deben contar, como mínimo, con estimaciones de la superficie de *tierras convertidas en tierras de cultivo* durante el período de inventario. Si los datos sobre uso y la gestión de la tierra son limitados, se pueden emplear datos agregados, como las estadísticas de la FAO, como punto de partida, junto con el conocimiento de los expertos nacionales sobre la distribución aproximada de los tipos de uso de la tierra que se convierten y su respectiva gestión. Si se desconocen los usos de la tierra y las conversiones anteriores, igual pueden calcularse los cambios de existencias de SOC empleando los métodos provistos bajo *tierras de cultivo que permanecen como tales*, aunque es factible que la base territorial sea diferente para las tierras de cultivo en el año en curso, con respecto al año de inicio del inventario. No obstante, es clave que el total de la superficie territorial para todos los sectores de uso de la tierra sea la misma durante el tiempo que lleve el inventario (p. ej., si se convierten 7 millones de hectáreas de tierras forestales y pastizales en tierras de cultivo durante el período

del inventario, entonces las tierras de cultivo tendrán un adicional de 7 millones de hectáreas en el último año del inventario, mientras que los pastizales y las tierras forestales tendrán la correspondiente pérdida de 7 millones de hectáreas en ese último año). Las *tierras convertidas en tierras de cultivo* se estratifican según las regiones climáticas y los principales tipos de suelos, lo que puede basarse en clasificaciones por defecto o específicas del país. Esto puede lograrse mediante superposiciones parciales de mapas de clima y suelos, junto con datos espacialmente explícitos en cuanto a la ubicación de las conversiones de las tierras.

5.3.3.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

Es posible desarrollar los inventarios empleando métodos de Niveles 1, 2 o 3, en los que cada uno de los sucesivos Niveles requiere más detalles y recursos que el anterior. También es posible que haya países que utilicen diferentes niveles para preparar las estimaciones de cada subcategoría de C del suelo (p. ej., cambios en las existencias de C orgánico en suelos minerales y orgánicos; y cambios de existencias relacionados con depósitos de C inorgánico en el suelo). En la Sección 2.3.3.1 del Capítulo 2, se proporcionan árboles de decisión para suelos minerales (Figura 2.4) y para suelos orgánicos (Figura 2.5) a fin de asistir a los compiladores del inventario en la selección del nivel adecuado para su inventario de C del suelo.

Suelos minerales

Nivel 1

Los cambios en las existencias de C orgánico del suelo pueden estimarse para la conversión del uso de la tierra en tierras de cultivo empleando la Ecuación 2.25 del Capítulo 2. Para el Nivel 1, las existencias de C orgánico del suelo iniciales (pre-conversión) ($SOC_{(0-T)}$) y las existencias del último año del período de inventario (SOC_0) se calculan a partir de las existencias de C orgánico del suelo de referencia por defecto (SOC_{REF}) y de los factores de cambio de existencias por defecto (F_{LU} , F_{MG} , F_I). Las tasas anuales de cambio en las existencias de carbono se estiman como la diferencia entre las existencias (a través del tiempo) dividida por la dependencia temporal (D) de los factores de cambio de existencias en tierras de cultivo (por defecto, 20 años).

Nivel 2

En el método de Nivel 2 para suelos minerales también se utiliza la Ecuación 2.25 (Capítulo 2), pero se incluyen las existencias de C de referencia específicas del país y/o los factores de cambio de existencias y, posiblemente, datos ambientales de la actividad sobre el uso de la tierra y más desagregados.

Nivel 3

Los métodos del Nivel 3 incluyen modelos más detallados y específicos del país y/o enfoques basados en mediciones, así como datos de uso y gestión de la tierra muy desagregados. En los modelos de Nivel 3, se estiman los cambios de las existencias de C del suelo producidos por las conversiones en el uso de la tierra a tierras de cultivo, y se pueden emplear modelos, conjuntos de datos y/o redes de monitorización. Si es posible, se recomienda integrar los métodos de Nivel 3 con estimaciones de la remoción de biomasa y el tratamiento de post-desbroce de los residuos vegetales (incluyendo restos leñosos y hojarasca), dado que la variación en la remoción y el tratamiento de residuos (p. ej., quema, preparación del suelo) afecta las entradas de C a la formación de materia orgánica del suelo y las pérdidas de C por descomposición y combustión. Es importante que los modelos se evalúen mediante observaciones independientes a partir de lugares específicos del país o de la región que sean representativos de las interacciones entre el clima, el suelo y la gestión de las tierras de cultivo, referidos a los cambios en las existencias de C del suelo ocurridos después de la conversión.

Suelos orgánicos

Nivel 1 y Nivel 2

Las *tierras convertidas en tierras de cultivo* en suelos orgánicos dentro del período del inventario se tratan de la misma manera que los suelos orgánicos bajo cultivos de largo plazo. Las pérdidas de carbono se calculan empleando la Ecuación 2.26 (Capítulo 2). En la Sección referida a *tierras de cultivo que permanecen como tales* (Sección 5.2.3), se brinda orientación adicional sobre los métodos de los Niveles 1 y 2.

Nivel 3

Un método de Nivel 3 incluye modelos más detallados y específicos del país y/o enfoques basados en mediciones, así como datos de uso y gestión de la tierra muy desagregados (véase en lo precedente un análisis más detallado de los suelos minerales).

5.3.3.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE CAMBIO DE EXISTENCIAS Y DE EMISIÓN

Suelos minerales

Nivel 1

En cuanto a tierras nativas no gestionadas, así como a tierras forestales gestionados, asentamientos y pastizales nominalmente gestionados bajo regímenes de poca perturbación, se supone que las existencias de C del suelo son equivalentes a los valores de referencia (es decir, los factores de uso de la tierra, perturbación (sólo para bosques), gestión e ingreso equivalen a 1), pero será necesario aplicar los factores de cambio de existencias apropiados para representar los sistemas previos de uso de la tierra que no son condición de referencia, como los pastizales mejorados y degradados. También va a ser necesario aplicar el factor de cambio de existencias apropiado para representar los efectos de ingresos y gestión sobre la presencia de C del suelo en el nuevo sistema de tierras de cultivo. Las existencias de C de referencia por defecto se encuentran en el Cuadro 2.3 (Capítulo 2). Véase el capítulo correspondiente sobre el uso de la tierra para conocer los factores de cambio de las existencias por defecto.

En el caso de conversiones transitorias del uso de la tierra en tierras de cultivo, los factores de cambio de existencias se suministran en el Cuadro 5.10, y dependen de la duración del ciclo del barbecho (recuperación de la vegetación) en un sistema de cultivo rotativo, lo que representa las existencias promedio de C del suelo durante el ciclo cultivo-barbecho. El barbecho maduro denota situaciones en las que la vegetación ajena al cultivo (p. ej., bosques) se recupera a un estado de madurez o cercano a la madurez antes de que se lo vuelva a desbrozar para su uso como tierras de cultivo, mientras que en el barbecho de ciclo corto, no se logra la recuperación de la vegetación antes de que se vuelva a desbrozar. Si la tierra que ya está bajo un cultivo rotativo se convierte en Tierra de cultivo permanente (o en otros usos de la tierra), los factores de cambio de existencias que representan al cultivo rotativo arrojan existencias «iniciales» de C ($SOC_{(0-T)}$) en los cálculos empleando la Ecuación 2.25 (Capítulo 2).

CUADRO 5.10 FACTORES DE CAMBIO EN LAS EXISTENCIAS DEL SUELO (F _{LU} , F _{MG} , F _I) PARA CONVERSIONES DEL USO DE LA TIERRA EN TIERRAS DE CULTIVO					
Tipo de valor del factor	Nivel	Régimen climático	Valor por defecto del IPCC	Error #	Definición
Uso de la tierra	Bosque nativo o pastizal (no degradado)	Todas	1	ND	Representa los bosques y pastizales nativos o de largo plazo, no degradados y gestionados sosteniblemente.
		Tropical	1	ND	
Uso de la tierra	Cultivo rotativo – Barbecho de ciclo corto	Tropical	0,64	± 50%	Cultivo de rotación permanente, en el que el bosque tropical o la tierra leñosa se desbroza para plantar cultivos anuales durante un breve periodo (p. ej., 3-5 años) y después se abandona para que vuelva a crecer.
	Cultivo rotativo – Barbecho maduro	Tropical	0,8	± 50%	
Uso de la tierra, gestión e ingresos	Bosque gestionado	(el valor por defecto es 1)			
Uso de la tierra, gestión e ingresos	Pastizal gestionado	(Véanse los valores por defecto en el Cuadro 6.2)			
Uso de la tierra, gestión e ingresos	tierras de cultivo	(Véanse los valores por defecto en el Cuadro 5.5)			
# Representa una estimación nominal del error, equivalente a dos veces la desviación estándar, como porcentaje de la media. NA significa «No Aplicable», donde los valores del factor constituyen valores de referencia definidos.					

Nivel 2

Probablemente, la estimación de los factores de cambio de existencias específicos del país constituya el desarrollo más importante relacionado con el método de Nivel 2. Las diferencias en existencias de C orgánico del suelo entre los usos de la tierra se calculan con relación a una condición de referencia, empleando los factores de uso de la tierra (F_{LU}). Entonces, se emplean los factores de ingreso (F_I) y los de gestión (F_{MG}) para definir con más exactitud las existencias de C del nuevo sistema de tierras de cultivo. En la Sección 5.2.3.2, *tierras de cultivo que permanecen como tales*, se ofrece orientación adicional sobre cómo derivar estos factores de cambio de existencias. Véase el capítulo que corresponde para conocer información específica sobre la derivación de los factores de cambio de existencias para otras categorías de uso de la tierra (Tierras forestales en la Sección 4.2.3.2, Pastizales en 6.2.3.2, Asentamientos en 8.2.3.2 y Otras tierras en 9.3.3.2).

En un método de Nivel 2, las existencias de C de referencia también se derivan de datos específicos del país. Sin embargo, los valores de referencia deben ser coherentes para todos los usos de la tierra (es decir, tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales, asentamientos y otras tierras) y, por ende, requieren coordinación entre los distintos equipos a cargo de los inventarios de C del suelo para AFOLU.

Nivel 3

Es menos factible que los factores constantes de tasa de cambio de existencias *per se* se estimen a favor de tasas variables que reproduzcan con más exactitud los efectos del uso y la gestión de la tierra. Para un análisis más pormenorizado, véase la Sección 2.3.3.1 del Capítulo 2.

Suelos orgánicos**Nivel 1 y Nivel 2**

Las *tierras convertidas en tierras de cultivo* en suelos orgánicos dentro del período del inventario se tratan de la misma manera que los suelos orgánicos bajo cultivos de largo plazo. Los factores de emisión del Nivel 1 se presentan en el Cuadro 5.6, mientras que los del Nivel 2 se derivan de datos específicos del país o la región.

Nivel 3

Es menos factible que los factores constantes de tasa de emisión *per se* se estimen a favor de tasas variables que reproduzcan con más exactitud los efectos del uso y la gestión de la tierra. Para un análisis más pormenorizado, véase la Sección 2.3.3.1 del Capítulo 2.

5.3.3.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD**Suelos minerales****Nivel 1 y Nivel 2**

A los efectos de estimar los cambios en las existencias de carbono del suelo, las estimaciones de superficie de *tierras convertidas en tierras de cultivo* deben estratificarse según las regiones climáticas y los tipos de suelos principales. Esto puede basarse en superposiciones parciales de mapas de clima y suelos apropiados, junto con datos espacialmente explícitos en cuanto a la ubicación de las conversiones de las tierras. Las descripciones detalladas de los esquemas de clasificación de climas y suelos por defecto se encuentran en el Capítulo 3, Anexo 3A.5. Se suministra información específica en cada uno de los capítulos de uso de la tierra respecto al tratamiento de los datos de la actividad de uso/gestión de la tierra (Tierras forestales en la Sección 4.2.3.3, Tierras de cultivo en 5.2.3.3, Pastizales en 6.2.3.3, Asentamientos en 8.2.3.3 y Otras tierras en 9.3.3.3).

Un aspecto clave en la evaluación del impacto de las *tierras convertidas en tierras de cultivo* sobre las existencias de C orgánico del suelo es el tipo de datos de la actividad sobre uso y gestión de la tierra. Los datos de la actividad obtenidos empleando los Métodos 2 o 3 (véase el Capítulo 3 para conocer un análisis referido a métodos) suministran la información básica subyacente para determinar el uso previo de la tierra en *tierras convertidas en tierras de cultivo*. Por contraste, los datos agregados (Método 1, Capítulo 3) sólo suministran la cantidad total de superficie en cada uso de la tierra al comienzo y al final del período de inventario (p. ej., 1985 y 2005). Los datos del Método 1 no son suficientes para determinar las transiciones específicas. En este caso, se declaran todas las tierras de cultivo bajo la categoría *tierras de cultivo que permanecen como tales* y, en efecto, las transiciones se convierten en cambios radicales de todo el paisaje. Esto hace que se torne particularmente importante que haya coordinación entre los distintos sectores territoriales a fin de garantizar que el total de la base territorial se mantenga constante a través del tiempo, dado que ciertas superficies se perderán o ganarán dentro de sectores individuales durante cada año de inventario, debido a cambios en el uso de la tierra.

Nivel 3

Para la aplicación de modelos dinámicos y/o de un inventario directo basado en mediciones en el Nivel 3, se requieren datos similares o más detallados de las combinaciones de datos climáticos, de suelos, topográficos y de gestión, en comparación con los métodos de Niveles 1 y 2, aunque los requisitos exactos dependerán del diseño del modelo o de la medición.

Suelos orgánicos

Niveles 1 y 2

Las *tierras convertidas en tierras de cultivo* en suelos orgánicos dentro del período del inventario se tratan de la misma manera que los suelos orgánicos bajo cultivos de largo plazo.

Nivel 3

Como ocurre con los suelos minerales, es factible que los métodos de Nivel 3 requieran información más detallada sobre las combinaciones de datos relativas al clima, los suelos, la topografía y la gestión. Con respecto a los métodos de Niveles 1 o 2, los requisitos exactos dependen del diseño del modelo o de las mediciones.

5.3.3.4 PASOS DE CÁLCULO PARA EL NIVEL 1

Suelos minerales

Los pasos para estimar SOC_0 y $SOC_{(0-T)}$ y los cambios de existencias netas de C en el suelo por hectárea de *tierras convertidas en tierras de cultivo* en suelos minerales son los siguientes:

Paso 1: organizar los datos por períodos de inventario sobre la base de los años en los que se recabaron los datos de la actividad (p. ej., 1990 a 1995, 1995 a 2000, etc.)

Paso 2: determinar la cantidad de *tierras convertidas en tierras de cultivo* por tipos de suelos minerales y regiones climáticas del país, al comienzo del primer período del inventario. El primer año del período de inventario depende de la periodicidad de los datos de la actividad (0-T; p. ej., hace 5, 10 o 20 años).

Paso 3: para pastizales convertidos en tierras de cultivo, clasificar los pastizales previos según el sistema de gestión que corresponda empleando la Figura 6.1. En el Nivel 1 no se requiere clasificación para otros usos de la tierra.

Paso 4: asignar valores locales de existencias de C de referencia (SOC_{REF}) del Cuadro 2.3 sobre la base del clima y del tipo de suelo.

Paso 5: asignar el factor de uso de la tierra (F_{LU}), el factor de gestión (F_{MG}) y los niveles de ingreso de C (F_I) para cada pastizal, sobre la base de la clasificación de la gestión (Paso 2). Los valores de F_{LU} , F_{MG} y F_I para pastizales se encuentran en el Cuadro 6.2. Se supone que los valores equivalen a 1 para todos los demás usos de la tierra.

Paso 6: multiplicar los factores (F_{LU} , F_{MG} , F_I) por las existencias de C del suelo de referencia para estimar las existencias «iniciales» de C orgánico del suelo ($SOC_{(0-T)}$) durante el período del inventario.

Paso 7: estimar las existencias finales de C orgánico del suelo SOC_0 repitiendo los pasos 1 a 5 y empleando las mismas existencias de C de referencia del lugar (SOC_{REF}), pero empleando factores de uso y gestión de la tierra y factores de ingreso que representen las condiciones para tierras de cultivo del último año de inventario (año 0).

Paso 8: estimar los cambios anuales promedio de existencias de C orgánico del suelo para tierras convertidas en tierras de cultivo ($\Delta C_{Minerales}$) restando las existencias «iniciales» de C orgánico del suelo ($SOC_{(0-T)}$) de las existencias finales de C orgánico del suelo (SOC_0), luego dividiendo por la dependencia temporal de los factores de cambios de existencias (es decir, 20 años empleando los factores por defecto). Nota: si un período de inventario supera los 20 años, entonces se dividirá por la diferencia entre el año inicial y el final de ese período.

Paso 9: repetir los Pasos 2 a 8 si hay períodos de inventario adicionales (p. ej., 1990 a 2000, 2001 a 2010, etc.). Nótese que las *tierras convertidas en tierras de cultivo* mantienen esa designación durante 20 años. Por lo tanto, los períodos de inventario que sean inferiores a 20 años pueden requerir que se haga referencia al período anterior de inventario para evaluar si una parcela de tierra se considera *tierra convertida en tierras de cultivo* o *tierra de cultivo que permanece como tal*.

A continuación, se ofrece un ejemplo numérico para tierras forestales convertidas en tierras de cultivo en suelos minerales, empleando la Ecuación 2.25, las existencias de C de referencia por defecto (Cuadro 2.3) y los factores de cambio de existencias (Cuadro 5.5).

Ejemplo: Para un bosque sobre suelo volcánico en un ambiente tropical húmedo: $SOC_{Ref} = 70$ ton C $há^{-1}$. Para todos los suelos forestales (y para los pastizales nativos), todos los valores por defecto para los factores de cambio de existencias (F_{LU} , F_{MG} , F_I) equivalen a 1; es así que $SOC_{(0-T)}$ es de 70 ton C $há^{-1}$. Si la tierra se convierte en tierras de cultivos anuales, con laboreo intensivo y bajo ingreso de C en residuos, entonces $SOC_0 = 70 \text{ ton C } há^{-1} \bullet 0,48 \bullet 1 \bullet 0,92 = 30,9 \text{ ton C } há^{-1}$. Por ende, el cambio anual promedio en las existencias de C del suelo para la superficie durante el período del inventario se calcula de la siguiente manera $(30,9 \text{ ton C } há^{-1} - 70 \text{ ton C } há^{-1}) / 20 \text{ años} = -2,0 \text{ ton C } há^{-1} \text{ año}^{-1}$.

Suelos orgánicos

Los pasos para el cálculo y el ejemplo son los mismos descritos en la Sección 5.2.3.4 precedente.

5.3.3.5 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Los análisis de incertidumbre para *tierras convertidas en tierras de cultivo* son fundamentalmente los mismos que para *tierras de cultivo que permanecen como tales*. Existen tres grandes fuentes de incertidumbre: 1) incertidumbres en los datos sobre actividad de uso y gestión de la tierra, y sobre el medio ambiente; 2) incertidumbres con referencia a las existencias de C en el suelo si se utilizan los métodos de los Niveles 1 o 2 (suelos minerales solamente); y 3) incertidumbres en los factores de cambios en las existencias y de emisión para los métodos de Niveles 1 o 2, error en la estructura/los parámetros del modelo para los métodos basados en el modelo de Nivel 3, o errores de medición/variabilidad en el muestreo relacionados con los inventarios basados en mediciones de Nivel 3. Véase la sección sobre incertidumbre en *tierras forestales que permanecen como tales* para conocer un análisis adicional (Sección 5.2.3.5).

5.3.4 Emisiones de gases de efecto invernadero no CO₂ a partir del quemado de biomasa

Es factible que las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la conversión de tierras que no son de cultivo, en particular tierras forestales y pastizales, a tierras de cultivo constituyan una categoría de fuente principal en muchos países. Las emisiones de gases de efecto invernadero de *tierras convertidas en tierras de cultivo* se producen a partir de la combustión incompleta de biomasa y de materia orgánica muerta (DOM) en la categoría de uso de la tierra inicial, previa a la conversión. Las emisiones de CO₂ se contabilizan en la nueva categoría de uso de la tierra (*tierras convertidas en tierras de cultivo*). Las emisiones de no-CO₂ más importantes de esta sección proceden de la conversión de tierras forestales en tierras de cultivo, pero también se pueden producir como resultado de la conversión de pastizales en tierras de cultivo. Es muy poco probable que las tierras de cultivo se originen a partir de la conversión de otras categorías de uso de la tierra (asentamientos, humedales u otras tierras).

En las zonas tropicales, es práctica común quemar los residuos forestales sucesivamente hasta eliminarlos y eliminar los DOM en su mayoría o por completo, y poder proceder a la agricultura. En algunos lugares, resulta necesario realizar hasta tres o cuatro quemas. Parte de la biomasa forestal aérea eliminada durante el proceso de conversión de tierras forestales en tierras de cultivo puede transferirse a productos de madera recolectada, mientras que una cierta cantidad se puede retirar del lugar para usarla como madera combustible (es decir, se quema fuera del lugar). Normalmente, lo que queda se quema *in situ*.

Los métodos para estimar las emisiones de CO₂ de las *tierras convertidas en tierras de cultivo* se describen en la Sección 2.4 del Capítulo 2.

Deben declararse las emisiones de no-CO₂ del quemado de biomasa en tierras forestales no gestionadas, si les sigue una conversión en el uso del suelo, dado que las tierras convertidas se consideran gestionadas.

El método a utilizar para estimar las emisiones de no-CO₂ del quemado de biomasa en *tierras convertidas en tierras de cultivo* es esencialmente el mismo que el usado para *tierras de cultivo que permanecen como tales*.

5.3.4.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

En el árbol de decisiones de la Figura 2.6 del Capítulo 2 se brinda orientación sobre la elección del Nivel a aplicar en los países para declarar las emisiones de no-CO₂ de *tierras convertidas en tierras de cultivo*. Los

países que experimentan una escala significativa de conversión de tierras que no son de cultivo, en particular de tierras forestales, a tierras de cultivo deben hacer todo lo posible por adoptar los métodos de los Niveles 2 y 3.

La elección del método está relacionada directamente con la disponibilidad de datos nacionales sobre la superficie de tierra convertida quemada, la masa de combustible disponible y los factores de combustión y emisión. Cuando se emplean niveles superiores, se utiliza información específica del país respecto a la masa de combustible disponible para representar la cantidad de biomasa quitada para conversión y transferida a productos de madera recolectada (de corresponder), quitada para uso como combustible y quemada fuera del sitio.

Los países deben realizar todos los esfuerzos posibles por usar un método de Niveles 2 o 3 siempre que las emisiones de gases de efecto invernadero resultantes del quemado de biomasa en *tierras convertidas en tierras de cultivo* constituyan una categoría principal. Si se han desarrollado y validado modelos, los países deben aplicar un método de Nivel 3 incluso en aquellos casos en los que las *tierras convertidas en tierras de cultivo* no constituyen una categoría principal.

5.3.4.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Nivel 1

La masa de combustible quemado es clave en la estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero. Los datos por defecto que sustentan la estimación de las emisiones bajo el método de Nivel 1 se presentan en los Cuadros 2.4 a 2.6 del Capítulo 2. Los países deben evaluar la forma en la que sus tipos de vegetación se corresponden con las amplias categorías de vegetación descritas en los cuadros por defecto. En cuanto al Nivel 1, debe suponer que todo el carbono de la biomasa aérea y DOM de la categoría de tierras anterior se pierde inmediatamente después de la conversión. Los valores por defecto para biomasa previos a la conversión pueden encontrarse en los capítulos referidos a los respectivos usos de la tierra (p. ej., los factores por defecto para tierras forestales se encuentran en el capítulo referido a biomasa en tierras forestales). Para el cálculo de las emisiones de no-CO₂, deben usarse las estimaciones de la cantidad de combustible realmente quemado (Cuadro 2.4).

Nivel 2

En un método de Nivel 2, deben emplearse estimaciones específicas del país en cuanto a la masa de combustible disponible. Los datos deben desagregarse según los tipos de bosques, en el caso de las tierras forestales convertidas en tierras de cultivo. Se deben desarrollar los factores de combustión y de emisión que mejor reflejen las condiciones nacionales (zona climática, bioma, condiciones de quemado) y suministrar rangos de incertidumbre. Además, a diferencia del Nivel 1, donde se supone que todo el carbono de la biomasa aérea y DOM se pierde inmediatamente después de la conversión, en un método de Nivel 2 deben estimarse las transferencias de biomasa a productos de madera recolectados y madera combustible (quemada fuera del sitio) a fin de proporcionar una estimación más fiable de la masa de combustible disponible para la combustión.

Nivel 3

En el Nivel 3, todos los parámetros necesarios para estimar las emisiones de CO₂ y de no-CO₂ deben desarrollarse a nivel nacional para los distintos tipos de tierras sujetos a conversión en tierras de cultivo.

5.3.4.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Los datos de la actividad necesarios para estimar las emisiones de no-CO₂ producidas por el quemado de biomasa se refieren a la superficie afectada por esta actividad. Los países deben estratificar la superficie convertida en tierras de cultivo a partir de tierras forestales y de pastizales, dado que a cantidad de combustible disponible para el quemado puede mostrar variaciones importantes de una categoría a otra de uso de la tierra. La conversión más clave es la de tierras forestales en tierras de cultivo, debido a la gran cantidad de biomasa por hectárea. Es una *buena práctica* garantizar que los datos de superficie utilizados para la estimación de no-CO₂ sean coherentes con la empleada para las secciones sobre biomasa y DOM.

Nivel 1

Los países que apliquen el método del Nivel 1 deberán estimar las superficies convertidas en tierras de cultivo a partir de los usos de la tierra iniciales (tierras forestales, pastizales, etc.). Los países que utilicen el Método 1 del Capítulo 3, deben hacer todo lo posible por estratificar más las *tierras convertidas en tierras forestales* a partir de las diferentes categorías de uso de la tierra. La conversión debe estimarse anualmente. Las estimaciones pueden derivarse aplicando una tasa de conversión en tierras de cultivo al total de la superficie cultivada anualmente. Es posible estimar la tasa sobre la base del conocimiento histórico, del dictamen de expertos nacionales y/o de muestras de superficies convertidas y la evaluación del uso final de la tierra. Como alternativa, las estimaciones pueden derivarse empleando datos de fuentes internacionales, como los de la FAO, para estimar

la superficie de tierras forestales y pastizales convertida anualmente y empleando el dictamen de expertos para estimar la porción de esta superficie convertida en tierras de cultivo.

Nivel 2

Siempre que resulte posible, los países deben utilizar estimaciones reales de superficie para todas las conversiones posibles en tierras de cultivo. Los datos multi-temporales de detección remota y con adecuada resolución deben proporcionar mejores estimaciones de la conversión en el uso de la tierra que los métodos empleados en el Nivel 1. El análisis puede basarse en una cobertura total del territorio o en superficies de muestra representativas seleccionadas, a partir de las cuales se puede derivar la superficie convertida a tierras de cultivo de todo el territorio.

Nivel 3

Los datos de la actividad en el Nivel 3 deben basarse en el Método 3 presentado en el Capítulo 3, por el que se estima el total de superficie convertida anualmente en tierras de cultivo (a partir de tierras forestales, pastizales y otras categorías del uso de la tierra). Es una *buena práctica* desarrollar una matriz de cambio en el uso de la tierra, tal como se sugiere en el Capítulo 3, de manera espacialmente explícita. Los datos deben desagregarse según el tipo de bioma, clima, suelos, fronteras políticas o una combinación de estos parámetros.

5.3.4.4 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Nivel 1

Las fuentes de incertidumbre surgen de: (i) el uso de tasas de conversión promedio universales o nacionales o de estimaciones groseras de superficies de tierra convertidas en tierras de cultivo; ii) una estimación de la superficie convertida que se quema; iii) la tasa de combustible disponible; y (iv) los factores de combustión y emisión. Se proporcionan los datos sobre las incertidumbres asociadas con los factores de emisión y combustión, mientras que los relacionados con los puntos (i) y (ii) pueden variar significativamente según el método que se emplee para su estimación.

Como resultado de estas incertidumbres, es poco probable que la estimación de la superficie quemada sea conocida en más de un 20% y que las emisiones por unidad de superficie en hasta un factor de 2 usando los métodos del Nivel 1.

Nivel 2

El uso de estimaciones de superficie obtenidas de fuentes más fiables (datos de detección remota, método de muestras) mejora la exactitud con respecto al Nivel 1 o al Método 1 del Capítulo 3. Estas fuentes también suministran mejores estimaciones de las superficies que se convierten y se queman. Al tenerse en cuenta la biomasa transferida a productos de madera recolectada o quitada del sitio como madera combustible, y la biomasa que se deja en el sitio para su descomposición, se elimina un sesgo (sobreestimación) en las estimaciones. Las estimaciones de factores de emisión o combustión, si van acompañadas de rangos de error (en la forma de desviación estándar) permiten evaluar la incertidumbre relacionada con las *tierras convertidas en tierras de cultivo*.

Nivel 3

La incertidumbre es menor y depende de la exactitud de la detección remota y de los sondeos de campo, así como del enfoque de modelización que se utilice y los datos de entrada asociados.

5.4 EXHAUSTIVIDAD, SERIES TEMPORALES, GC/CC Y GENERACIÓN DE INFORMES

El material que se presenta en esta sección sirve de complemento a la orientación general sobre estos aspectos que se suministrara en el Volumen 1.

5.4.1 Exhaustividad

Nivel 1

Un inventario completo de tierras de cultivo de Nivel 1 contiene tres elementos: 1) los cambios en las existencias de carbono y las emisiones de no-CO₂ (CH₄, CO, N₂O, NO_x) producidas por el quemado de biomasa se han estimado para todas las *tierras convertidas en tierras de cultivo* y *tierras de cultivo que permanecen como tales* durante el período del inventario; 2) en el análisis del inventario se ha tratado el impacto de todas las prácticas de gestión descritas en los métodos del Nivel 1; y 3) en el análisis se contabilizó la variación climática y de suelos que tiene su impacto sobre las emisiones y las absorciones (según lo descrito para el Nivel 1).

Los últimos dos elementos requieren la asignación de sistemas de gestión a superficies de tierras de cultivo y la estratificación por regiones climáticas y tipos de suelos. Es una *buena práctica* que los países utilicen las mismas clasificaciones para biomasa y depósitos del suelo, además del quemado de biomasa (en el grado en que tales clasificaciones resulten necesarias para estas categorías de fuente). Esto garantiza la coherencia y transparencia, permite un uso eficaz de los sondeos de tierras y de otras herramientas para recabar datos, y permite una relación explícita entre las emisiones y absorciones de dióxido de carbono en la biomasa y los depósitos del suelo, así como de las emisiones de no-CO₂ producidas por el quemado de biomasa.

En el caso de las estimaciones de las existencias de C en la biomasa y en el suelo, un inventario de tierras de cultivo debe tener en cuenta el impacto de los cambios en el uso de la tierra (*tierras convertidas en tierras de cultivo*) y la gestión. No obstante, en algunos casos, los datos de la actividad o el conocimiento de los expertos pueden no ser suficientes para estimar los efectos de la agroforestación, de las prácticas de rotación de cultivos, las prácticas de laboreo, la irrigación, la aplicación de abonos, la gestión de residuos, etc. En tales casos, los países pueden proceder a realizar un inventario teniendo sólo presente el uso de la tierra, pero los resultados serán incompletos y la omisión de las prácticas de gestión debe identificarse claramente en la documentación de los informes a los efectos de la transparencia. Si hay omisiones, es una *buena práctica* recabar datos de la actividad adicionales para futuros inventarios, en particular si el C de la biomasa y del suelo constituye una categoría de fuente principal.

Puede que los cambios en las existencias de C no se contabilicen para ciertas superficies de tierras de cultivo si se considera que las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero son insignificantes o constantes con el transcurso del tiempo, como sucede con las tierras de cultivos no leñosos, donde no hay cambios en la gestión o en el uso de la tierra. En este caso, es una *buena práctica* que los países documenten y expliquen las razones de las omisiones.

Para el quemado de biomasa, los gases de efecto invernadero no-CO₂ deben estimarse para las principales categorías de residuos agrícolas, teniendo cuidado de contabilizar la remoción de residuos del campo para otros propósitos, tales como producción de energía, y las pérdidas de residuos resultantes del pastoreo y de la descomposición durante el lapso entre las operaciones de cosecha y de quema. Donde hay conversión de tierras forestales en tierras de cultivo, deben incluirse las emisiones de la quema de DOM y de la biomasa de los árboles talados.

Nivel 2

Un inventario completo de Nivel 2 tiene elementos similares al Nivel 1, pero incluye información específica del país: para estimar los factores de cambio de las existencias de C, existencias de C del suelo de referencia, estimaciones de residuos (carga de combustible), factores de combustión y emisión para el quemado de biomasa; y para desarrollar descripciones de clima y categorías de suelos, además de mejorar las clasificaciones de los sistemas de gestión. Más aun, constituye una *buena práctica*, en un inventario de Nivel 2, incorporar datos específicos del país para cada componente. No obstante, los inventarios se siguen considerando completos si combinan datos específicos del país con datos por defecto del Nivel 1.

Nivel 3

Además de los comentarios hechos respecto a los Niveles 1 y 2, la exhaustividad de los inventarios de Nivel 3 depende de los componentes del sistema de evaluación específico del país. En la práctica, es factible que en los inventarios de Nivel 3 se contabilicen en su totalidad las emisiones y absorciones de las tierras de cultivo empleando una mayor cantidad de datos de resolución más fina sobre clima, suelos, quemado de biomasa y sistemas de gestión. Es una *buena práctica* que los compiladores del inventario describan y documenten los elementos del sistema específico del país, y que demuestren la exhaustividad del método y de las fuentes de datos. Si se identifican vacíos, es una *buena práctica* recabar información adicional y desarrollar aun más el sistema específico del país.

5.4.2 Desarrollo de una serie temporal coherente

Nivel 1

Las series temporales coherentes son esenciales para evaluar las tendencias en emisiones y absorciones. A fin de mantener la coherencia, los compiladores deben aplicar las mismas clasificaciones y los mismos factores durante la totalidad del período del inventario, incluyendo clima, tipos de suelos, clasificaciones de sistemas de gestión, factores de cambio de las existencias de C, existencias de C del suelo de referencia, estimaciones de residuos (carga de combustible), factores de combustión, y factores de emisión de no-CO₂. Se suministran valores por defecto para todas estas características, por lo que la coherencia no debe constituir problema alguno. Además, la base territorial debe permanecer coherente con el correr del tiempo, con excepción de las *tierras convertidas en tierras de cultivo* o de las tierras de cultivo convertidas en otros usos de la tierra.

Los países deben emplear fuentes coherentes de datos de la actividad sobre uso de la tierra, gestión y quemado de biomasa, a lo largo de todo el inventario. Si se los usa, los métodos de muestreo deben mantenerse durante todo el período del inventario, para garantizar un enfoque coherente. Si se crean subcategorías, los países deben llevar registros transparentes sobre cómo se las definió, y aplicarlas coherentemente a lo largo del inventario.

En algunos casos, las fuentes de datos de la actividad, las definiciones o los métodos pueden cambiar a través del tiempo, según la disponibilidad de información nueva. Los compiladores del inventario deben determinar cuál es la influencia de los cambios de datos o métodos sobre las tendencias y, si se las considera significativas, deben calcularse las emisiones y absorciones nuevamente para esa serie temporal empleando los métodos provistos en el Capítulo 5 del Volumen 1.

En cuanto a los cambios en las existencias de C, un elemento clave para producir una serie temporal coherente es garantizar la coherencia entre las existencias de C de las tierras convertidas en tierras de cultivo declaradas en períodos anteriores y el estado de esas existencias declarado respecto a aquellas tierras que permanezcan como tierras de cultivo en el período actual. Por ejemplo, si se transfirieron 50 toneladas de biomasa aérea viva al depósito de materia orgánica muerta por tierras convertidas de Forestales en tierras de cultivo en el período de declaración anterior, en la declaración de este período se debe suponer que las existencias iniciales de carbono del depósito de materia orgánica muerta fue de 50 toneladas para esas tierras.

Nivel 2

Además de los aspectos analizados bajo el Nivel 1, hay consideraciones adicionales relativas a la introducción de información específica del país. Específicamente, es una *buena práctica* aplicar nuevos valores o clasificaciones derivados de información específica del país en la totalidad del inventario y volver a calcular la serie temporal. De lo contrario, las tendencias positivas o negativas en las existencias de C o en el quemado de biomasa pueden deberse, en parte, a cambios relacionados con los métodos de inventario ocurridos en algún momento de la serie temporal, y no ser representativas de las tendencias reales.

Es posible que no se disponga de nueva información específica para toda la serie temporal. En esos casos, es una *buena práctica* demostrar el efecto de los cambios en los niveles de actividad a falta de datos o métodos actualizados específicos del país. En el Capítulo 5 del Volumen 1, se brinda orientación sobre cómo volver a hacer los cálculos en tales circunstancias.

Nivel 3

Al igual que en los Niveles 1 y 2, es una *buena práctica* aplicar el sistema de estimación específico del país a lo largo de toda la serie temporal. Los organismos a cargo del inventario deben emplear los mismos protocolos de medición (estrategia de muestreo, método, etc.) y/o el mismo sistema basado en modelos a lo largo de todo el período del inventario.

5.4.3 Garantía de calidad y control de calidad

Nivel 1

Es una *buena práctica* aplicar Garantía de calidad/Controles de calidad con revisión interna y externa de los datos del inventario de tierras de cultivo. Debe realizar las revisiones internas el organismo a cargo del inventario, mientras que la externa queda en manos de otros organismos, expertos o grupos que no tengan participación en la compilación.

La revisión interna debe centrarse en el proceso de ejecución del inventario para garantizar que: 1) los datos de la actividad se han estratificado adecuadamente por regiones climáticas y tipos de suelos; 2) se han aplicado correctamente las clasificaciones/descripciones de la gestión; 3) los datos de la actividad se han transcrito a las hojas de trabajo o al *software* computarizado del inventario; y 4) que los factores de cambio de las existencias de C, las existencias de C del suelo de referencia, las estimaciones de residuos (carga de combustible) y los factores de combustión y emisión del quemado de biomasa se han asignado adecuadamente. Las medidas de Garantía de calidad/Control de calidad pueden incluir una inspección visual así como funciones de programas integrados para verificar el ingreso de datos y los resultados. Los resúmenes estadísticos también pueden ser de ayuda, como la acumulación de superficies por estratos en las hojas de trabajo para determinar si son coherentes con las estadísticas sobre el uso de la tierra. El total de la superficie debe permanecer constante durante el período de inventario y las superficies por estrato sólo varía por uso de la tierra o por clasificación de gestión (el clima y los tipos de suelos deben permanecer constantes).

En las revisiones externas se deben considerar la validez del método de inventario, la rigurosidad de la documentación del inventario, la explicación de los métodos y la transparencia general. Es importante evaluar si la superficie total de tierras de cultivo es realista y los revisores deben realizar una verificación cruzada de las estimaciones de superficie para todas las categorías de uso de la tierra (es decir, tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales, etc.) para garantizar que la suma de toda la base territorial de un país se mantiene igual todos los años durante el período de inventario.

Nivel 2

Además de las medidas de Garantía de calidad/Controles de calidad señaladas bajo el Nivel 1, el organismo a cargo del inventario debe efectuar una revisión de las regiones climáticas, tipos de suelos, clasificaciones de sistemas de gestión, factores de cambio de las existencias de C, existencias de C de referencia, estimaciones de residuos (carga de combustible), factores de combustión, y factores de emisión de no-CO₂ para quemado de biomasa específicos del país. Si se emplean factores basados en mediciones directas, el organismo a cargo del inventario deberá revisar las mediciones para asegurarse de que sean representativas de la verdadera gama de condiciones ambientales y de gestión, y de que se desarrollaron sobre la base de normas reconocidas (OIEA, 1992). Si hay acceso, es una *buena práctica* comparar los factores específicos del país con los factores de cambio de existencias y de emisión del Nivel 2 que se usaran para otros países con circunstancias similares, además de los valores por defecto del IPCC.

Dada la complejidad de las tendencias de emisión y absorción, en la revisión externa se debe contar con la participación de especialistas del sector para que critiquen las estimaciones de la carga de combustible de los residuos, los factores de cambio de existencias y los factores de combustión y emisión, así como las descripciones de las regiones climáticas, los tipos de suelos y los sistemas de gestión específicos del país.

Nivel 3

Es factible que los sistemas de inventario específicos del país requieran medidas adicionales de Garantía de calidad/Control de calidad, pero esto dependerá de los sistemas que se desarrollen. Es una *buena práctica* desarrollar un protocolo de garantía de calidad/control de calidad que sea específico para el sistema de inventario avanzado del país, archivar los informes e incluir resultados resumidos en la documentación de los informes.

5.4.4 Generación de informes y documentación

Nivel 1

Por lo general, es una *buena práctica* documentar y archivar toda la información requerida para producir las estimaciones del inventario nacional. En el Nivel 1, los compiladores del inventario deben documentar las tendencias de los datos de la actividad y las incertidumbres relativas a las tierras de cultivo. Entre las actividades principales se incluyen el cambio en el uso de la tierra, el uso de fertilizantes minerales, las prácticas agroforestales, los abonos orgánicos, la gestión del laboreo, las rotaciones de cultivos, la gestión de residuos (incluyendo el quemado), las prácticas de irrigación, el alcance los sistemas de cultivos mixtos, el manejo del agua en los sistemas arroceros y el cambio en el uso de la tierra.

Es una *buena práctica* archivar las bases de datos reales, como los datos de censos agrícolas, y los procedimientos empleados para procesar los datos (p. ej., programas estadísticos); las definiciones utilizadas para categorizar o agregar datos de la actividad; y los procedimientos usados para estratificar los datos de la actividad por regiones climáticas y tipos de suelos (para los Niveles 1 y 2). Las hojas de trabajo o el *software* del inventario deben archivar con los archivos de entrada/salida que se hayan generado para producir los resultados.

En los casos en los que no se disponga de datos de la actividad directos de bases de datos o en que se hayan combinado múltiples conjuntos de datos, se deben describir la información, las hipótesis y los procedimientos empleados para derivar los datos de la actividad. Esta documentación debe incluir la frecuencia y estimación de la recolección de datos y la estimación, y la incertidumbre. El uso del conocimiento experto debe documentarse y la correspondencia se deberá archivar.

Es una *buena práctica* documentar y explicar las tendencias en las existencias de biomasa y de C del suelo, así como el quemado de biomasa en cuanto al uso del suelo y la actividad de gestión. Los cambios en las existencias de biomasa deben relacionarse directamente con el uso de la tierra o con los cambios en las prácticas agroforestales, mientras que las tendencias en las existencias de C del suelo pueden deberse a usos de la tierra o a cambios en las principales actividades de gestión, como se describiera antes. Las emisiones por quema de biomasa de residuos dependen del grado en el que se utilice el quemado para preparar los campos para plantar. Debe explicarse toda fluctuación significativa de las emisiones entre años.

Los países deben incluir documentación sobre la exhaustividad de sus inventarios, aspectos relacionados con la coherencia de las series temporales o con la falta de éstas, y un resumen de las medidas de Garantía de calidad/Control de calidad y sus resultados.

Nivel 2

Además de lo señalado bajo el Nivel 1, los compiladores del inventario deben documentar las bases que subyacen a los factores de cambio de las existencias de C, las existencias de C de referencia, las estimaciones de residuos (carga de combustible), los factores de combustión y emisión para quema de biomasa, las clasificaciones de los sistemas de gestión, las regiones climáticas y/o los tipos de suelo específicos del país. Es

más, constituye una *buena práctica* archivar las fuentes de «metadata» y de datos utilizadas para estimar los valores específicos del país.

La documentación para la generación de informes debe incluir los factores específicos del país (es decir, medios e incertidumbres). Es una *buena práctica* incluir un análisis en el informe de inventario relativo a las diferencias existentes entre los factores específicos del país y los valores por defecto del Nivel 1, así como los factores de Nivel 2 de regiones con circunstancias similares a las del país declarante. Si se emplean diferentes factores de emisión, parámetros y métodos para los distintos años, deben explicarse y documentarse las razones de tales cambios. Además, los organismos a cargo del inventario deben describir las clasificaciones de la gestión, el clima y/o los tipos de suelo específicos del país, y se recomienda que se documenten las mejoras en los métodos de inventario basadas en las nuevas clasificaciones. Por ejemplo, las prácticas de gestión del laboreo deben subdividirse en categorías adicionales más allá de las clases del Nivel 1 (es decir, reducida, sin laboreo y laboreo total), aunque las ulteriores subdivisiones sólo mejorarán las estimaciones del inventario si el cambio en las existencias o los factores de emisión difieren significativamente entre las nuevas categorías.

Cuando se analicen las tendencias de las emisiones y absorciones, debe hacerse una distinción entre los niveles de actividad y los cambios de los métodos de año en año, y deben documentarse las razones de tales cambios.

Nivel 3

Un inventario de Nivel 3 exige documentación respecto a datos de actividad y tendencias de emisiones/absorciones similar a la de los métodos de nivel inferior, aunque debe incluirse documentación adicional para explicar las bases y el marco subyacentes del sistema de estimación específico del país. Con los inventarios basados en mediciones, es una *buena práctica* documentar el diseño de muestreo, los procedimientos de laboratorio y las técnicas de análisis de datos. Los datos de las mediciones deben archivar, así como los resultados de los análisis de datos. En cuanto a los métodos de Nivel 3 en que se utilizan modelos, es una *buena práctica* documentar la versión del modelo y suministrar una descripción de este, así como archivar en forma permanente copias de todos los archivos de entrada al modelo, códigos fuente y programas ejecutables.

5.5 EMISIONES DE METANO DEL CULTIVO DEL ARROZ

La descomposición anaeróbica de material orgánico en los arrozales inundados produce metano (CH_4), que se libera a la atmósfera fundamentalmente mediante el transporte a través de las plantas del arroz (Takai, 1970; Cicerone y Shetter, 1981; Conrad, 1989; Nouchi *et al.*, 1990). La cantidad anual de CH_4 emitido desde una superficie dada de arroz estará en función de la cantidad y la duración de los cultivos de que se trate, de los regímenes hídricos previos al período de cultivo, y -en el transcurso de éste- de los abonos orgánicos e inorgánicos del suelo (Neue y Sass, 1994; Minami, 1995). El tipo de suelo, la temperatura y el cultivar del arroz también afectan las emisiones de CH_4 .

Estas nuevas directrices para calcular emisiones de CH_4 incluyen diversos cambios en comparación con las *Directrices de 1996* y con la *GPG2000*, a saber: (i) revisión de factores de emisión y de ajuste derivados de análisis actualizados de la información disponible, (ii) uso de factores de emisión diarios —y no estacionales— que permitan una mayor flexibilidad en la separación de las estaciones de cultivo y los períodos de barbecho, (iii) nuevos factores de ajuste para el régimen hídrico previo al período de cultivo y la oportunidad en la que se incorpora la paja, y (iv) inclusión del método de Nivel 3 siguiendo los principios generales de la revisión de las directrices de 2006. Asimismo, las directrices revisadas mantienen el cálculo por separado de la emisión de N_2O del cultivo del arroz (como forma de suelo gestionado) de la que se trata en el Capítulo 11.

5.5.1 Elección del método

El cálculo básico para estimar las emisiones de CH_4 del cultivo del arroz se presenta en la Ecuación 5.1. Las emisiones de CH_4 se estiman multiplicando los factores de emisión diaria por período de cultivo³ de arroz y por superficies de cosecha anual⁴. En su forma más simple, esta ecuación se aplica utilizando datos de la actividad nacionales (es decir, período de cultivo de arroz promedio y superficie cosechada a nivel nacional) y un único factor de emisión. Sin embargo, las condiciones naturales y la gestión agrícola de la producción de arroz pueden ser muy variables dentro de un mismo país. Constituye una *buena práctica* tener en cuenta esta variabilidad desagregando la superficie total cosechada a nivel nacional en subunidades (p. ej., superficies cosechadas bajo

³ En caso de cultivos bianuales, el «período de cultivo» deben ampliarse según la cantidad respectiva de días.

⁴ En caso de múltiples cultivos durante el mismo año, la «superficie de cosecha» será igual a la suma de las superficies utilizadas para cada cultivo.

diferentes regímenes hídricos). La superficie cosechada de cada subunidad se multiplica por el período de cultivo respectivo y por el factor de emisión representativo de las condiciones que definen la subunidad (Sass, 2002). Con este método desagregado, las emisiones totales anuales equivalen a la suma de emisiones de cada subunidad de superficie cosechada.

ECUACIÓN 5.1
EMISIONES DE CH₄ PRODUCIDAS POR EL CULTIVO DEL ARROZ

$$CH_4 \text{ Rice} = \sum_{i,j,k} (EF_{i,j,k} \cdot t_{i,j,k} \cdot A_{i,j,k} \cdot 10^{-6})$$

Donde:

$CH_4 \text{ Rice}$ = emisiones anuales de metano producidas por el cultivo del arroz, Gg CH₄ año⁻¹

EF_{ijk} = un factor de emisión diario para las condiciones i, j , y k , kg CH₄ há⁻¹ día⁻¹

t_{ijk} = período de cultivo del arroz para las condiciones i, j , y k , días

A_{ijk} = superficie de cosecha anual de arroz para las condiciones i, j , y k , há año⁻¹

i, j , y k = representan los diferentes ecosistemas, regímenes hídricos, tipo y cantidad de abonos orgánicos y otras condiciones bajo las cuales pueden variar las emisiones de CH₄ producidas por el arroz.

Entre las diferentes condiciones que se deben tener presentes se incluyen el tipo de ecosistema arrocerero, las pautas de inundación previas y durante el período de cultivo, y el tipo y la cantidad de abonos orgánicos. Hay otras condiciones, como el tipo de suelo y el cultivar del arroz, que se pueden considerar para la desagregación, si se dispone de información específica del país acerca de la relación existente entre estas condiciones y las emisiones de CH₄. Los tipos de ecosistemas del arroz y los regímenes hídricos durante el período de cultivo pueden verse en el Cuadro 5.12. Si la producción nacional de arroz se puede subdividir por zonas climáticas con diferentes sistemas de producción (p. ej., pautas de inundación), se debe aplicar la Ecuación 5.1 para cada región por separado. Lo mismo se aplica si se dispone de estadísticas arroceras o de dictámenes de expertos para distinguir entre prácticas de gestión u otros factores en las diferentes unidades administrativas (distritos o provincias). Además, si se cosecha más de un cultivo en un año dado, las emisiones deben estimarse para cada temporada de cultivo teniendo en cuenta las posibles diferencias en las prácticas de cultivo (p. ej., el uso de abonos orgánicos y la pauta de inundación antes y durante el período de cultivo).

El árbol de decisiones de la Figura 5.2 sirve de guía a los organismos a cargo del inventario en el proceso de aplicar el método del IPCC como una *buena práctica*. En este árbol de decisiones está implícita la jerarquía de desagregación al aplicar el método del IPCC. Dentro de esta jerarquía, el nivel de desagregación utilizado por un organismo a cargo del inventario depende de la disponibilidad de datos de la actividad y de factores de emisión, así como de la importancia del arroz, en tanto contribuye a las emisiones nacionales de gases de efecto invernadero. Los pasos específicos y las variables de este árbol de decisión, y la lógica subyacente, se analizan en el texto que se incluye a continuación.

Nivel 1

El Nivel 1 se aplica a países en los que las emisiones de CH₄ producidas por el cultivo del arroz no constituyen una categoría principal o en los que no existen los factores de emisión específicos del país. La desagregación de la superficie anual de cosecha de arroz se debe realizar, por lo menos, para tres regímenes hídricos básicos, incluidos los de irrigación, alimentación por lluvia y de tierras altas. Se alienta a incorporar el mayor número de condiciones posible (i, j, k , etc.) que influyan sobre las emisiones de CH₄ (según lo resumido en el Recuadro 5.2). Las emisiones para cada subunidad se ajustan multiplicando un factor de emisión básico por defecto (para campos sin inundación de pre-temporada de menos de 180 días previos al cultivo del arroz y campos inundados permanentemente sin abonos orgánicos, EF_c) por diversos factores de ajuste, como se muestra en la Ecuación 5.2. Los cálculos se realizan para cada uno de los regímenes hídricos y abonos orgánicos por separado, como se muestra en la Ecuación 5.1.

RECUADRO 5.2

CONDICIONES QUE INCIDEN SOBRE LAS EMISIONES DE CH₄ PRODUCIDAS POR EL CULTIVO DEL ARROZ

Tanto para el cálculo de las emisiones de CH₄ como para desarrollar los factores de emisión, se deben considerar las siguientes características del cultivo del arroz:

Diferencias regionales en las prácticas de cultivo del arroz: si el país es grande y tiene regiones agrícolas dispares con diferentes climas y/o sistemas de producción (p. ej., pautas de inundación), se debe realizar un conjunto de cálculos individual para cada región.

Múltiples cultivos: si se cosecha más de un cultivo en una superficie de tierra dada durante el año, y las condiciones de crecimiento varían entre las temporadas de cultivo, se deben realizar cálculos para cada temporada.

Régimen hídrico: en el contexto de este capítulo, régimen hídrico se define como la combinación entre (i) el tipo de ecosistema y (ii) las pautas de inundación.

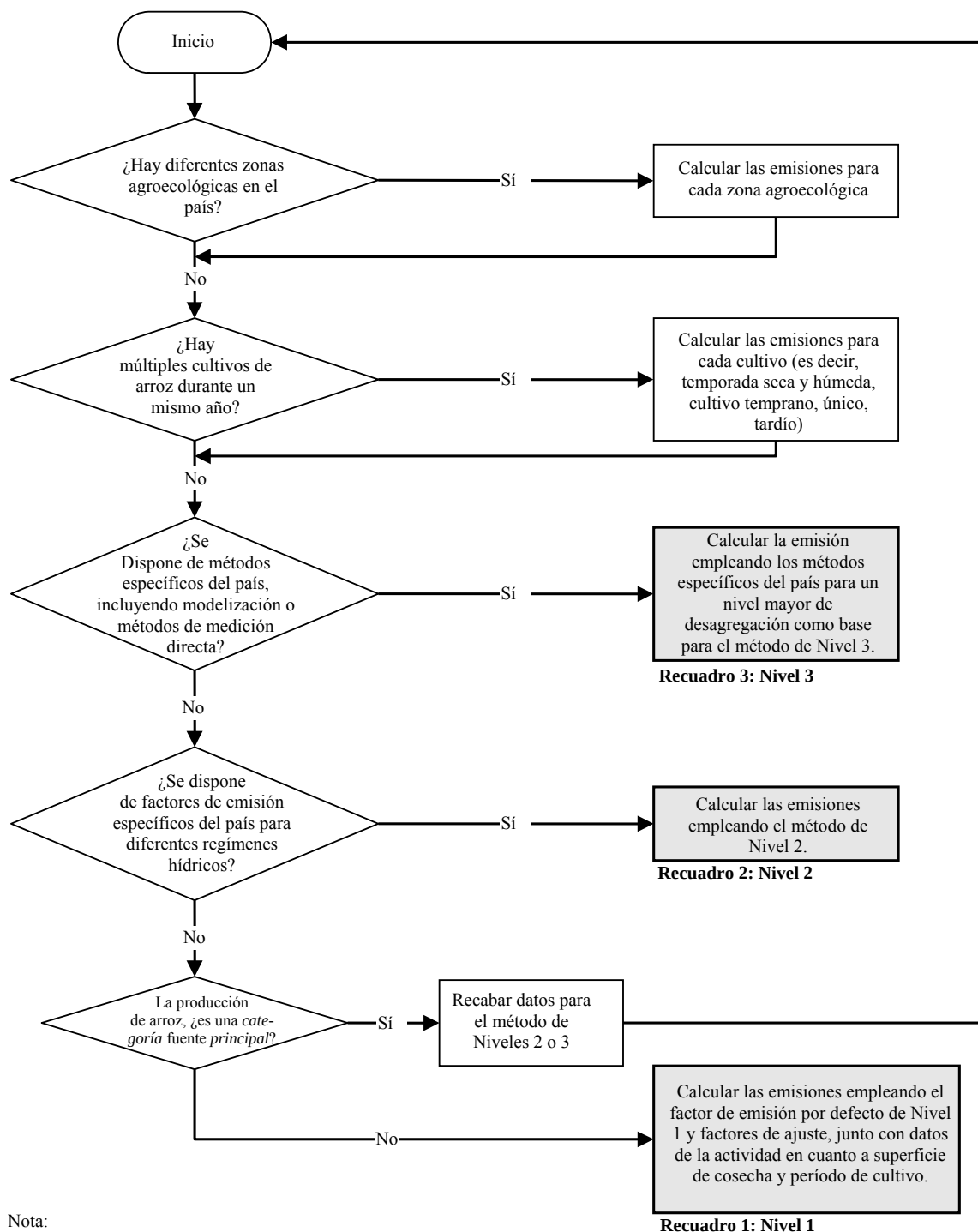
Tipo de ecosistema: como mínimo, deben realizarse cálculos por separado para cada ecosistema arrocerero (es decir, irrigado, alimentado por lluvia, y producción de arroz en aguas profundas).

Pauta de inundación: la pauta de inundación de los campos arroceros tiene un efecto significativo sobre las emisiones de CH₄ (Sass *et al.*, 1992; Yagi *et al.*, 1996; Wassmann *et al.*, 2000). Los ecosistemas arroceros se pueden clasificar, además, como inundados continua e intermitentemente (arroz irrigado), y con alimentación por lluvias regulares, con tendencia a la sequía, y aguas profundas (alimentados por lluvia), según las pautas de inundación producidas durante el período de cultivo. Asimismo, deben considerarse las pautas de inundación previas al período de cultivo (Yagi *et al.*, 1998; Cai *et al.*, 2000; 2003a; Fitzgerald *et al.*, 2000).

Agregados orgánicos a los suelos: el material orgánico incorporado a los suelos arroceros incrementa las emisiones de CH₄ (Schütz *et al.*, 1989; Yagi y Minami, 1990; Sass *et al.*, 1991). El impacto de los agregados orgánicos sobre las emisiones de CH₄ depende del tipo y de la cantidad de material aplicado, lo que se puede describir mediante una curva de respuesta a la dosis (Denier van der Gon y Neue, 1995; Yan *et al.*, 2005). El material orgánico que se incorpora al suelo puede ser de orígenes endógeno (paja, estiércol verde, etc.) o exógeno (*compost*, estiércol de corral, etc.). En los cálculos de las emisiones se debe considerar el efecto de los abonos orgánicos.

Otras condiciones: es sabido que hay otros factores, como el tipo de suelo (Sass *et al.*, 1994; Wassmann *et al.*, 1998; Huang *et al.*, 2002), el cultivar del arroz (Watanabe y Kimura, 1998; Wassmann y Aulakh, 2000), el contenido de sulfatos de los abonos (Lindau *et al.*, 1993; Denier van der Gon y Neue, 2002), etc., que pueden tener una influencia significativa sobre las emisiones de CH₄. Se alienta a los organismos a cargo del inventario a realizar todos los esfuerzos posibles para considerar estas condiciones si se dispone de información específica del país respecto a la relación entre estas condiciones y las emisiones de CH₄.

Figura 5.2 **Árbol de decisiones para las emisiones de CH₄ resultantes de la producción de arroz**



Nota:

1 Véase el Volumen 1, Capítulo 4, «Opción metodológica e identificación de categorías principales» (principalmente la sección 4.1.2 relativa a los recursos limitados) para el análisis de las *categorías principales* y el uso de los árboles de decisión.

ECUACIÓN 5.2
FACTOR AJUSTADO DE EMISIÓN DIARIA

$$EF_i = EF_c \bullet SF_w \bullet SF_p \bullet SF_o \bullet SF_{s,r}$$

Donde:

EF_i = factor de emisión diaria ajustado para una superficie de cosecha dada

EF_c = factor de emisión básico para tierras inundadas permanentemente sin abonos orgánicos

SF_w = factor de ajuste para compensar las diferencias del régimen hídrico durante el período de cultivo (del Cuadro 5.12)

SF_p = factor de ajuste para compensar las diferencias del régimen hídrico durante la temporada previa al cultivo (del Cuadro 5.13)

SF_o = el factor de ajuste deberá variar según el tipo y a cantidad de abono orgánico aplicado (de la Ecuación 5.3 y del Cuadro 5.14).

$SF_{s,r}$ = factor de ajuste para tipo de suelo, cultivar del arroz, etc., si está disponible

Nivel 2

En el nivel 2 se aplica el mismo enfoque metodológico que en el Nivel 1, pero deberán emplearse factores de emisión y/o de ajuste específicos del país. Estos factores específicos del país son necesarios para reflejar el impacto local de las condiciones (*i, j, k*, etc.) que inciden sobre las emisiones de CH₄, desarrollados preferiblemente mediante la recogida de datos de campo. En cuanto al método del Nivel 1, se aconseja aplicarlo con el mayor nivel de desagregación posible e incorporar la multitud de condiciones (*i, j, k*, etc.) que inciden sobre las emisiones de CH₄.

Nivel 3

El Nivel 3 incluye modelos y redes de monitorización hechas a medida para abordar las circunstancias nacionales del cultivo del arroz, que se repiten a través del tiempo, manejados con datos de la actividad de alta resolución y desagregados a nivel subnacional. Los modelos pueden ser empíricos o mecanicistas pero, en ambos casos, deben validarse por medio de observaciones independientes a partir de estudios específicos del país o la región que cubran toda la gama de características de cultivo del arroz (Cai *et al.*, 2003b; Li *et al.*, 2004; Huang *et al.*, 2004). Por lo tanto, es clave contar con la documentación apropiada referida a la validez y la exhaustividad de los datos, las hipótesis, las ecuaciones y los modelos. En las metodologías del Nivel 3 también se pueden tener en cuenta la variabilidad interanual provocada por daños de tifones, sequías, tensiones, etc. Es ideal que la evaluación se base en datos satelitales recientes.

5.5.2 Elección de los factores de emisión y de ajuste

Nivel 1

Como punto de partida, se emplea un factor de emisión básico para campos no inundados durante menos de 180 días previos al cultivo del arroz, permanentemente inundados durante el período de cultivo del arroz y sin abonos orgánicos (EF_c). El valor por defecto del IPCC para EF_c es de 1,3 kg CH₄ há⁻¹ día⁻¹ (con un rango de error de 0,8 a 2,2, Cuadro 5.11), estimado mediante el análisis estadístico de datos disponibles de mediciones de campo (Yan *et al.*, 2005, el conjunto de datos utilizado en el análisis está a disposición en un sitio Web⁵).

Los factores de ajuste se emplean para ajustar el EF_c para dar cuenta de las distintas condiciones que se analizaran en el Recuadro 5.2, lo que da como resultado factores de emisión ajustados diariamente (EF_i) para una subunidad en particular de superficie cosechada desagregada según la Ecuación 5.2. Los factores de ajuste más importante, a saber, régimen hídrico durante y antes del período de cultivo y abonos orgánicos, se representan en los Cuadros 5.12, 5.13 y 5.14, respectivamente, mediante valores por defecto. Sólo se deben usar factores de ajuste específicos del país si se basan en datos de mediciones bien investigados y documentados. Se alienta a considerar el tipo de suelo, el cultivar del arroz y otros factores de los que se disponga.

⁵ <http://www.jamstec.go.jp/frcgc/>

CUADRO 5.11 FACTOR BÁSICO Y POR DEFECTO DE EMISIÓN DE CH₄ SUPONIENDO QUE NO HAY INUNDACIÓN DURANTE MENOS DE 180 DÍAS PREVIOS AL CULTIVO DEL ARROZ E INUNDACIÓN PERMANENTE DURANTE EL CULTIVO DEL ARROZ, SIN ABONOS ORGÁNICOS		
emisión de CH ₄ (kg CH ₄ há ⁻¹ d ⁻¹)	Factor de emisión	Rango de error
	130	080 – 220
Fuente: Yan et al., 2005		

Régimen hídrico durante el período de cultivo (SF_w): en el Cuadro 5.12 se proveen factores de ajuste y rangos de error por defecto que reflejan a los diferentes regímenes hídricos. El caso agregado se refiere a una situación en la que los datos de la actividad sólo están disponibles para tipos de ecosistemas arroceros, pero no respecto a las pautas de inundación (véase el Recuadro 5.2). En el caso desagregado, las pautas de inundación se pueden distinguir en tres subcategorías como se indica en el Cuadro 5.12. Es una *buena práctica* recabar más datos de la actividad desagregados y aplicar el caso de SF_w desagregado siempre que resulte posible.

CUADRO 5.12					
FACTORES DE AJUSTE POR DEFECTO DE LA EMISIÓN DE CH ₄ PARA RÉGIMENES HÍDRICOS DURANTE EL PERÍODO DE CULTIVO RELATIVOS A CAMPOS PERMANENTEMENTE INUNDADOS					
Régimen hídrico		Caso agregado		Caso desagregado	
		Factor de ajuste (SF _w)	Rango de error	Factor de ajuste (SF _w)	Rango de error
Tierras altas ^a		0	-	0	-
Irigadas ^b	Inundadas permanentemente	0,78	0,62 – 0,98	1	0,79 – 1,26
	Inundados intermitentemente – aireación simple			0,60	0,46 – 0,80
	Inundados intermitentemente – aireación múltiple			0,52	0,41 – 0,66
Alimentadas a lluvia y aguas profundas ^c	Alimentación regular por lluvia	0,27	0,21 – 0,34	0,28	0,21 – 0,37
	Con tendencia a la sequía			0,25	0,18 – 0,36
	Aguas profundas			0,31	ND

ND: no determinado.

^a los campos no están nunca inundados durante un lapso considerable.

^b los campos están inundados durante un lapso considerable y el régimen hídrico está totalmente bajo control.

- Inundados permanentemente: los campos están cubiertos por aguas estancadas durante la temporada de crecimiento del arroz y sólo se pueden secar para la cosecha (drenaje de fin de temporada).
- Inundados intermitentemente: los campos tienen, como mínimo, un período de aireación de más de 3 días durante la temporada de cultivo.
- Aireación simple: los campos tienen una única aireación durante la temporada de cultivo en cualquiera de las etapas de crecimiento (excepto durante el drenaje de fin de temporada).
- Aireación múltiple: los campos tienen más de un período de aireación durante la temporada de cultivo (excepto para drenaje de fin de temporada).

^c los campos están inundados durante un lapso considerable y el régimen hídrico depende únicamente de las precipitaciones.

- Alimentación regular por lluvia: el nivel del agua se puede elevar hasta en 50 cm durante la temporada de cultivo.
- Con tendencia a la sequía: se producen períodos de sequía durante todas las temporadas de cultivo.
- Aguas profundas: el agua de inundación se eleva a más de 50 cm durante un periodo significativo en la temporada de cultivo.

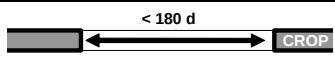
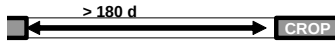
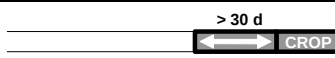
Nota: también, dentro de cada subcategoría, se pueden discriminar otras categorías del ecosistema arroceros, tales como pantanos y humedales internos, salinos o con marea.

Fuente: Yan *et al.*, 2005

Régimen hídrico previo al período de cultivo (SF_p): en el Cuadro 5.13 se presentan los factores de ajuste por defecto para el régimen hídrico, previos al período de cultivo, que pueden emplearse cuando no se dispone de datos específicos del país. En el cuadro se hace distinción entre tres regímenes hídricos diferentes previos al cultivo del arroz, a saber:

1. No inundado a < 180 días previos a la temporada, lo que a menudo ocurre cuando hay un doble cultivo de arroz;
2. No inundado > 180 días previos a la temporada; p. ej., cultivo único de arroz que sigue a un período de barbecho seco; y
3. Inundado en pre-temporada, en el que el intervalo mínimo de inundación se fija en 30 días; es decir que los períodos de inundación más cortos (lo que generalmente se hace para preparar el suelo para arar) no se incluyen en esta categoría.

Cuando no se dispone de datos de la actividad respecto al estado hídrico pre-temporada, se pueden utilizar factores agregados por caso. Es una *buena práctica* recabar más datos de la actividad desagregados y aplicar el caso de SF_p desagregado. Se pueden aplicar factores de ajuste para otros regímenes hídricos si se dispone de datos específicos del país.

CUADRO 5.13 FACTORES DE AJUSTE POR DEFECTO DE LA EMISIÓN DE CH ₄ PARA REGÍMENES HÍDRICOS PREVIOS AL PERÍODO DE CULTIVO				
Régimen hídrico previo al cultivo del arroz (presentación esquemática en la que los períodos de inundación se muestran sombreados)	Caso agregado		Caso desagregado	
	Factor de ajuste (SF _p)	Rango de error	Factor de ajuste (SF _p)	Rango de error
No inundado <180 d pre-temp. 	1,22	1,07 – 1,40	1	0,88 – 1,14
No inundado >180 d pre-temp. 			0,68	0,58 – 0,80
Inundado (>30 d) ^{a,b} pre-temp. 			1,90	1,65 – 2,18
^a Los períodos breves de inundación de menos de 30 días no se consideran en la selección del SF _p ^b En cuanto al cálculo de la emisión pre-temporada, véase más adelante (sección sobre exhaustividad)				
Fuente: Yan <i>et al.</i> , 2005				

Agregados orgánicos (SF_o): es una *buena práctica* desarrollar factores de ajuste que incorporen información sobre el tipo y la cantidad de abono orgánico aplicado (*compost*, estiércol de corral, estiércol verde y paja de arroz). A igual cantidad de masa, se emite más CH_4 de los abonos que contienen mayores cantidades de carbono de fácil descomposición y las emisiones aumentan también a medida que se aplican mayores cantidades de cada abono orgánico. En la Ecuación 5.3 y el Cuadro 5.4 se presenta un método para variar el factor de ajuste según la cantidad de distintos tipos de abonos aplicados. A menudo, la paja de arroz se incorpora al suelo después de la cosecha. En caso de un largo barbecho posterior a la incorporación de la paja de arroz, las emisiones de CH_4 de la siguiente temporada de cultivo de arroz van a ser menores que en el caso en el que se incorpore la paja de arroz inmediatamente antes del trasplante (Fitzgerald *et al.*, 2000). Por lo tanto, se ha hecho una distinción en cuanto al momento de aplicación de la paja de arroz. Se puede adoptar un rango de incertidumbre de 0,54-0,64 para el exponente 0,59 de la Ecuación 5.3.

ECUACIÓN 5.3 FACTORES DE AJUSTE DE EMISIÓN DE CH_4 ADAPTADO PARA AGREGADOS ORGÁNICOS $SF_o = \left(1 + \sum_i ROA_i \cdot CFOA_i \right)^{0.59}$

Donde:

SF_o = factor de ajuste para tipo y cantidad de abono orgánico aplicado

ROA_i = tasa de aplicación de abono orgánico i , en peso seco para paja y en peso fresco para los demás, en ton há^{-1}

$CFOA_i$ = factor de conversión para abono orgánico i (en términos de su efecto relativo con respecto a la paja aplicada poco antes del cultivo), como se indica en el Cuadro 5.14.

CUADRO 5.14 FACTOR DE CONVERSIÓN POR DEFECTO PARA DIFERENTES TIPOS DE ABONOS ORGÁNICOS		
Abono orgánico	Factor de conversión (CFOA)	Rango de error
Paja incorporada poco (<30 días) antes del cultivo ^a	1	0,97 – 1,04
Paja incorporada mucho (>30 días) antes del cultivo ^a	0,29	0,20 – 0,40
Compost	0,05	0,01 – 0,08
Estiércol de corral	0,14	0,07 – 0,20
Estiércol verde	0,50	0,30 – 0,60
^a La aplicación de paja significa que ésta se incorpora al suelo; no incluye el caso en el que la paja se coloca simplemente sobre la superficie de la tierra, ni el de la paja que se quema sobre el terreno. Fuente: Yan <i>et al.</i> , 2005		

Tipo de suelo (SF_s) y cultivar del arroz (SF_r) en algunos países, se dispone de datos sobre emisión para distintos tipos de suelo y cultivar del arroz, y se los puede emplear para derivar SF_s y SF_r , respectivamente. Tanto los experimentos como el conocimiento mecanicista confirman la importancia de estos factores; sin embargo, las grandes variaciones existentes entre los datos de que se dispone no permiten definir, con razonable exactitud, los valores por defecto. Se prevé que, en un futuro cercano, se va a contar con modelos de simulación capaces de producir factores de ajuste específicos para SF_s y SF_r .

Nivel 2

Los organismos a cargo del inventario pueden emplear factores de emisión específicos del país a partir de mediciones de campo que cubran las condiciones del cultivo del arroz en sus respectivos países. Es una *buena práctica* compilar bases de datos específicas del país sobre la base de mediciones de campo disponibles que complementen la base de datos de Factores de emisión⁶ con otros programas de medición (p. ej., nacionales) aún no incluidos en esta base de datos. No obstante, hay ciertos requisitos estándar de GC/CC que se aplican a estas mediciones de campo (véase la Sección 5.5.5).

En el Nivel 2, los organismos a cargo del inventario pueden definir la gestión de línea de base según las condiciones que prevalezcan en sus respectivos países, y determinar los factores de emisión específicos del país para esa línea de base. Entonces, dichos organismos pueden también determinar factores de ajuste específicos del país para las prácticas de gestión ajenas a la línea de base. En caso de que no se disponga de factores de ajuste específicos del país, se pueden utilizar factores de ajuste por defecto. No obstante, puede requerir la repetición de algunos de los cálculos de los factores de ajuste proporcionados en los Cuadros 5.12 a 5.14 si las condiciones difieren de las de la línea de base.

Nivel 3

Los métodos de Nivel 3 no requieren la elección de factores de emisión; por el contrario, se basan en una comprensión minuciosa de los factores motivantes y los parámetros (véase arriba).

5.5.3 Elección de los datos de la actividad

Además de los datos de la actividad esenciales antes solicitados, es una *buena práctica* hacer coincidir los datos de los abonos orgánicos y tipos de suelos con el mismo nivel de desagregación que en los datos de la actividad. Puede resultar necesario completar el sondeo de las prácticas de cultivo a fin de obtener datos sobre el tipo y la cantidad de abonos orgánicos que se aplican.

Fundamentalmente, los datos de la actividad se basan en estadísticas de superficies cultivadas, lo que debería estar disponible en el organismo nacional de estadísticas, así como información complementaria sobre período

⁶ <http://www.jamstec.go.jp/frcgc/>

de cultivo y prácticas agrícolas. Los datos de la actividad deben estar desglosados según diferencias regionales en las prácticas de cultivo del arroz o en el régimen hídrico (véase el Recuadro 5.2). Las estimaciones de superficies cosechadas que corresponden a las diferentes condiciones pueden obtenerse a nivel nacional mediante métodos aceptados de declaración. El uso de superficies verificadas localmente sería muy valioso cuando se las correlaciona con los datos disponibles sobre factores de emisión en diferentes condiciones, como el clima, las prácticas agrícolas y las propiedades del suelo. Si estos datos no están disponibles en el país, se los puede obtener de fuentes de datos internacionales: p. ej., el IRRI (1995) y las Estadísticas Mundiales del Arroz en el sitio Web del Instituto Internacional de Investigación sobre el Arroz (IRRI⁷, del inglés, *International Rice Research Institute*), que incluye las superficies de cosecha de arroz por tipo de ecosistema en los principales países arroceros, un calendario del cultivo del arroz para cada país y demás información de utilidad, y FAOSTAT en el sitio Web de la FAO⁸. El uso de superficies verificadas localmente sería muy valioso cuando se las correlaciona con los datos disponibles para los factores de emisión bajo diferentes condiciones, como el clima, las prácticas agrícolas y las propiedades del suelo. Puede resultar necesario consultar a expertos locales para realizar un sondeo de las prácticas agrícolas pertinentes en cuanto a las emisiones de metano (abonos orgánicos, gestión del agua, etc.).

Lo más probable es que los datos de la actividad sean más fiables en cuanto a la exactitud que los factores de emisión. Sin embargo, por diversas razones, las estadísticas de superficie pueden estar sesgadas y se aconseja que se realice una verificación de las estadísticas de superficies cosechadas del país (o de partes de éste) con datos de detección remota.

Además de los datos de la actividad esenciales que se solicitan precedentemente, es una *buena práctica*, en particular en los métodos de los niveles 2 y 3, hacer coincidir los datos de los abonos orgánicos y otras condiciones, p. ej., tipos de suelos, con el mismo nivel de desagregación que en los datos de la actividad.

5.5.4 Evaluación de incertidumbre

Los principios generales de la evaluación de incertidumbre para los inventarios nacionales de emisiones se aclaran en el Volumen 1, Capítulo 3. La incertidumbre de los factores de emisión y de ajuste se puede ver influenciada por la variabilidad natural, como la del clima y la que se produce dentro de unidades que se suponen homogéneas, como la variabilidad espacial en una unidad de campo o de suelo. Para esta categoría de fuente, una *buena práctica* debe permitir determinar las incertidumbres empleando métodos estadísticos estándar, cuando se cuente con suficientes datos experimentales. Hay pocos estudios para cuantificar parte de esta incertidumbre, pero están disponibles (p. ej., para variabilidad inducida por el tipo de suelo). Se supone que la variabilidad que se encuentra en tales estudios tiene validez en general. Para más detalles, véase Sass (2002).

Es posible que los datos de la actividad importantes y necesarios para asignar factores de ajuste (es decir, datos sobre prácticas culturales y abonos orgánicos) no estén disponibles en las actuales bases de datos o estadísticas. Por ende, las estimaciones de la fracción de productores arroceros que utiliza una práctica o un abono en particular se deben basar en el dictamen de expertos, y el rango de incertidumbre de la fracción estimada debe basarse también en el dictamen de expertos. Se debe estimar un valor por defecto para la incertidumbre de la fracción de $\pm 0,2$ (p. ej., la fracción de productores que usan abono orgánico se estima en 0,4, el rango de incertidumbre será 0,2 a 0,6). En el Capítulo 3 del Volumen 1 se brinda asesoramiento sobre cómo cuantificar incertidumbres en la práctica, incluyendo la combinación de dictámenes de expertos con datos empíricos en las estimaciones generales de incertidumbre.

En el caso de las emisiones de CH₄ producidas por el cultivo del arroz, los rangos de incertidumbre de los valores de Nivel 1 (factores de emisión y de ajuste) se pueden adoptar directamente de los Cuadros 5.11 al 5.14. Los rangos se definen como la desviación estándar respecto a la media, indicando la incertidumbre asociada a un valor por defecto dado para esta categoría de fuente. El exponente de la Ecuación 5.3 se suministra con un rango de incertidumbre de 0,54 a 0,64. La evaluación de incertidumbre de los métodos de Niveles 2 y 3 depende de la base de datos y del modelo utilizados, respectivamente. Por lo tanto, constituye una *buena práctica* aplicar los principios generales de análisis estadístico delineados en el Capítulo 3 del Volumen 1, así como métodos modelo según lo explicado en la Sección 3.5 del Capítulo 3 del Volumen 4.

⁷ <http://www.irri.org/science/ricestat/>

⁸ <http://faostat.fao.org/>

5.5.5 Exhaustividad, series temporales, GC/CC y generación de informes

EXHAUSTIVIDAD

La cobertura completa de esta categoría de fuente requiere la estimación de emisiones de las siguientes actividades, cuando éstas estén presentes:

- Si la inmersión del suelo no se limita a la temporada de cultivo del arroz en sí, se deben incluir las emisiones que se produzcan fuera de esa temporada (p. ej., las de un período de barbecho inundado). Para más información, véanse Yagi *et al.*, 1998; Cai *et al.*, 2000; y Cai *et al.* 2003a;
- Dentro de cada subcategoría, se pueden discriminar otras categorías del ecosistema arrocero, tales como pantanos, campos internos, salinos o con marea, según las mediciones locales de emisiones.
- Si se cosecha más de un cultivo de arroz por año, los cultivos deben declararse por separado, según la definición local (p. ej., temprano, tardío, de temporada húmeda, de temporada seca). Los cultivos de arroz se pueden clasificar en distintas categorías con un factor de emisión diferente integrado para cada temporada y con factores de corrección diferentes para otros modificadores, como los abonos orgánicos.

DESARROLLO DE UNA SERIE TEMPORAL COHERENTE

En cuanto a otras fuentes y categorías, los métodos para estimar las emisiones de CH₄ producidas por campos arroceros se deben aplicar coherentemente para cada año de la serie temporal y con el mismo nivel de desagregación. Si no se dispone de datos sobre el nivel de actividad para los años anteriores, las emisiones de esos años deben recalcularse según la orientación que provista en el Capítulo 5 del Volumen 1. Si hubo cambios significativos en las prácticas agrícolas que afecten a las emisiones de CH₄ durante la serie temporal, el método de estimación debe aplicarse con un nivel de desagregación que sea suficiente para discernir los efectos de tales cambios. Por ejemplo, hay diversas tendencias en la agricultura arrocera (asiática), como la adopción de nuevas variedades de arroz, el aumento en el uso de fertilizantes inorgánicos, la mejora en el manejo del agua, el cambio en el uso de abonos orgánicos y la siembra directa, pueden llevar a aumentos o reducciones de las emisiones en general. Para evaluar el impacto de estos cambios, quizá sea necesario utilizar estudios en modelos.

GENERACIÓN DE INFORMES Y DOCUMENTACIÓN

Es una *buena práctica* documentar y archivar toda la información necesaria para producir las estimaciones del inventario nacional de emisiones, como se describe en el Capítulo 8 del Volumen 1. Es una *buena práctica* documentar la estimación de la emisión, declarando la información requerida para llenar la hoja de trabajo sobre el arroz de las *Directrices*. Los organismos a cargo de los inventarios que no empleen las hojas de trabajo deben suministrar información comparable. Si la estimación de las emisiones está desagregada por regiones, debe declarar la información de cada región.

De estar disponible, se debe declarar la siguiente información adicional a fin de garantizar la transparencia:

- Prácticas de manejo del agua;
- Los tipos y las cantidades de abonos orgánicos utilizados. (La paja de arroz o los residuos del cultivo anterior (no arrocero) incorporados al suelo deben considerarse agregados orgánicos, aunque esto puede ser una práctica de producción normal y no estar destinado a incrementar los niveles de nutrientes, como es el caso de los agregados de estiércol);
- Los tipos de suelos utilizados para el cultivo del arroz;
- La cantidad de cultivos de arroz anuales; y
- Los cultivares de arroz más importantes.

Los organismos a cargo del inventario que utilizan factores de emisión específicos del país deben suministrar información respecto al origen y la base de cada factor, compararlos con otros factores de emisión publicados, explicar posibles diferencias significativas e intentar fijar límites a la incertidumbre.

GARANTÍA DE CALIDAD / CONTROL DE CALIDAD (GC/CC) DEL INVENTARIO

Es una *buena práctica* realizar verificaciones de control de calidad, tal como se plantea en el Capítulo 6 del Volumen 1, y revisiones a cargo de expertos de las estimaciones de emisión. También pueden ser de aplicación verificaciones adicionales de control de calidad como las esbozadas en los procedimientos de Nivel 2 del Volumen 1, Capítulo 6, y procedimientos de garantía de calidad, particularmente si, para determinar las emisiones de esta fuente, se utilizan métodos de niveles superiores.

Sass (2002) ofrece un tratamiento detallado de GA/CC en inventarios para mediciones de campo. A continuación, se señalan y resumen algunos aspectos importantes:

Mediciones de emisiones estándar de metano: Los procedimientos de CC de inventario utilizados a nivel de campos arroceros serán, en gran parte, los determinados por los científicos locales. No obstante, hay ciertos procedimientos determinados internacionalmente para obtener «factores de emisión estándar» que deberían ser comunes a todos los programas de monitorización. Las instrucciones para obtener factores de emisión estándar se encuentran en IAEA (1992) e IGAC (1994). Es deseable que cada laboratorio de todos los países declarantes obtengan este factor de emisión estándar, para garantizar la intercomparabilidad y la intercalibración de los grandes conjuntos de datos que se emplean para fijar los factores de emisión específicos de cada país.

Compilación de las emisiones nacionales: antes de aceptar los datos sobre emisiones, el organismo a cargo del inventario debe llevar a cabo una evaluación de la calidad de los datos y de los procedimientos de muestreo. Este tipo de revisión requiere una colaboración estrecha con los laboratorios nacionales a fin de obtener suficiente información para verificar las emisiones declaradas. La evaluación debe incluir recálculos de las muestras, una evaluación de la fiabilidad de los datos agrícolas y climáticos, una identificación de potenciales sesgos en la metodología y recomendaciones para mejorar.

Actualmente, no es posible hacer una verificación cruzada de las estimaciones de emisiones de esta categoría de fuente a través de mediciones externas. Sin embargo, el organismo a cargo del inventario debe garantizar que las estimaciones de emisiones se someten a control de calidad:

- Haciendo referencia cruzada de los rendimientos de cultivos agregados y de las estadísticas de superficie de campo declaradas con los totales nacionales y otras fuentes de rendimiento de cultivos/datos de superficie.
- Volviendo a calcular los factores de emisión nacionales a partir de emisiones agregadas y de otros datos; y
- Efectuando una referencia cruzada entre los totales nacionales declarados y los valores y datos por defecto de otros países.

Anexo 5A.1 Estimación de los factores de cambio de existencias por defecto para emisiones/absorciones de C de suelos minerales en tierras de cultivo

Los factores de cambio de existencias por defecto se presentan en el Cuadro 5.5 y que se calcularon utilizando un conjunto de datos mundiales referidos a resultados experimentales de laboreo, ingreso, reservas y uso de la tierra. El factor de uso de la tierra representa la pérdida de carbono que se produce después de 20 años de cultivo continuo. Los factores de laboreo y de ingreso representan el efecto sobre las existencias de C una vez transcurridos 20 años a partir del cambio en la gestión. Los factores de reserva representan el efecto de la retirada temporaria de la producción de tierras de cultivo y de dedicarla a cubierta perenne durante un lapso que puede extenderse hasta los 20 años.

Los datos experimentales (citados provistos en el listado de referencias) se analizaron en modelos lineales de efecto mixto, contabilizando tanto los efectos fijos como los aleatorios. Entre los efectos fijos, se incluyen la profundidad, la cantidad de años transcurridos desde el cambio de gestión, y el tipo de cambio de gestión (p. ej., laboreo reducido versus ningún laboreo). En cuanto a la profundidad, los datos no se agregaron, pero se incluyeron existencias de C medidas para cada incremento de profundidad (p. ej., 0-5 cm, 5-10 cm, y 10-30 cm) como puntos individuales dentro del conjunto de datos. De manera similar, no se agregaron los datos de las series temporales, aunque esas mediciones se realizaron en las mismas parcelas. Consecuentemente, se emplearon efectos aleatorios para contabilizar las dependencias de los datos de las series temporales y entre los puntos de datos que representaban a diferentes profundidades del mismo estudio. Cuando era significativo, se empleó el efecto aleatorio a nivel país para evaluar una incertidumbre adicional relacionada con la aplicación de un valor global por defecto a un país específico (incluida en las incertidumbres por defecto). Se transformaron los datos mediante una transformación logarítmica natural si los supuestos del modelo no se cumplían en cuanto a normalidad y homogeneidad de la varianza (los valores vueltos a transformar se suministran en los cuadros). Los factores representan el efecto de la práctica de manejo a 20 años para la capa superior del suelo de 30 cm, con la excepción del factor de uso de la tierra, que representa la pérdida promedio de carbono a 20 años o un período más largo posteriores al cultivo. Los usuarios del método de Nivel 1 pueden aproximar el cambio anual aproximado en los depósitos de carbono dividiendo la estimación de inventario por 20. La varianza se calcula para cada uno de los valores de factores y se la puede aplicar con simples métodos de propagación de error o construir funciones de distribución probabilística con una densidad normal.

Referencias

- IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories. Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Tréanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. Callander B.A. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA, Paris, France.
- IPCC (2000). Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K., Tanabe K. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan.
- IPCC (2003). Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Penman J., Gytarsky M., Hiraishi T., Krug, T., Kruger D., Pipatti R., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K., Wagner F. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/IGES, Hayama, Japan.

BIOMASA

- Albrecht, A. and Kandji, S.T. (2003). Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **99**: 15-27.
- Hairiah, K. and Sitompul, S.M. (2000). Assessment and simulation of above-ground and below-ground carbon dynamics. Report to Asia Pacific Network (APN). Brawijaya University, Faculty of Agriculture, Malang, Indonesia..
- Lasco, R.D. and Suson, P.D. (1999). A *Leucaena Leucocephala* -based indigenous fallow system in central Philippines: the Naalad system. *Intl Tree Crops Journal* **10**: 161-174.

- Lasco, R.D., Lales, J.S., Arnuevo, M.T., Guillermo, I.Q., de Jesus, A.C., Medrano, R., Bajar, O.F. and Mendoza, C.V. (2002). Carbon dioxide (CO₂) storage and sequestration of land cover in the Leyte Geothermal Reservation. *Renewable Energy* **25**: 307-315.
- Lasco, R.D., Sales, R.F., Estrella, R., Saplaco, S.R., Castillo, A.S.A., Cruz, R.V.O. and Pulhin, F.B. (2001). Carbon stocks assessment of two agroforestry systems in the Makiling Forest Reserve, Philippines. *Philippine Agricultural Scientist* **84**: 401-407.
- Millennium Ecosystems Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-being: A Synthesis*. Island Press, Washington DC. 137pp.
- Moore III, B. (2002). Chapter 2 Challenges of a changing earth. In, *Challenges of a Changing Earth* (W. Steffen, J. Jaeger, D.J. Carson, and C. Bradshaw, eds). Berlin: Springer-Verlag. Pp. 7-17.
- Palm, C.A., Woome, P.L., Alegre, J., Arevalo, L., Castilla, C., Cordeiro, D.G., Feigl, B., Hairiah, K., Kotto-Same, J., Mendes, A., Maukam, A., Murdiyarso, D., Njomgang, R., Parton, W.J., Ricse, A., Rodrigues, V., Sitompus, S.M. and van Noordwijk, M. (1999). Carbon sequestration and trace gas emissions in slash-and-burn and alternative land-uses in the Humid Tropics. ACB Climate Change Working Group. Final Report Phase II, Nairobi, Kenya.
- Siregar, C.A. and Gintings, Ng. (2000). Research activities related to ground biomass measurement at Forestry Research Development Agency. Paper presented at the Workshop on LUCC and Greenhouse Gas Emissions Biophysical Data. Institut Pertanian Bogor. Indonesia, 16 December 2000.
- Tjitrosemito, S. and Mawardi, I. (2000). 'Terrestrial carbon stock in oil palm plantation', Paper presented at the Science Policy Workshop on Terrestrial Carbon Assessment for Possible Trading under CDM Projects, Bogor, Indonesia 28-29 February 2000.
- Tomich, T.P., van Noordwijk, M., Budidarsono, S., Gillison, A., Kusumanto, T., Murdiyarso, D., Stolle, T. and Fagi, A.M. (1998). Alternative to slash and burn in Indonesia. Summary Report and Synthesis of Phase II. ASB-Indonesia, Report No. 8, ICRAF, Bogor, Indonesia.
- Wasrin, U.R., Rohiani, A., Putera, A.E. and Hidayat, A. (2000). Assessment of above-ground C-stock using remote sensing and GIS technique. Final Report, Seameo Biotrop, Bogor, 28p.

SUELOS

- Armentano, T.V. and Menges, E.S. (1986). Patterns of change in the carbon balance of organic soil-wetlands of the temperate zone. *Journal of Ecology* **74**: 755-774.
- Augustin, J., Merbach, W., Schmidt, W. and Reining, E. (1996). Effect of changing temperature and water table on trace gas emission from minerotrophic mires. *Journal of Applied Botany-Angewandte Botanik* **70**, 45-51.
- Bruce, J.P., Frome, M., Haites, E., Janzen, H., Lal, R. and Paustian, K. (1999). Carbon sequestration in soils. *Journal of Soil and Water Conservation* **54**:382-389.
- Davidson, E.A. and Ackerman, I.L. (1993). Changes in soil carbon inventories following cultivation of previously untilled soils. *Biogeochemistry*, **20**:161-164.
- Falloon, P. and Smith, P. (2003). Accounting for changes in soil carbon under the Kyoto Protocol: need for improved long-term data sets to reduce uncertainty in model projections. *Soil Use and Management*, **19**, 265-269.
- Freibauer, A. (2003). Biogenic Emissions of Greenhouse Gases from European Agriculture. *European Journal of Agronomy* **19**(2): 135-160.
- Freibauer, A. and Kaltschmitt, M. (eds). (2001). Biogenic greenhouse gas emissions from agriculture in Europe. European Summary Report of the EU concerted action FAIR3-CT96-1877, Biogenic emissions of greenhouse gases caused by arable and animal agriculture, 220 p.
- Glenn, S.M., Hayes, A. and Moore, T.R. (1993). Methane and carbon dioxide fluxes from drained peatland soils, southern Quebec. *Global Biogeochemical Cycles* **7**:247-257
- Kasimir-Klemedtsson, A., Klemedtsson, L., Berglund, K., Martikainen, P., Silvola, J. and Oenema, O. (1997). Greenhouse gas emissions from farmed organic soils: a review. *Soil Use and Management* **13**:245-250.
- Leifeld, J., Bassin, S. and Fuhrer, J. (2005). Carbon stocks in Swiss agricultural soils predicted by land-use, soil characteristics, and altitude. *Agriculture Ecosystems & Environment* **105**, 255-266.
- Lohila, A., Aurela, M., Tuovinen, J.P. and Laurila, T. (2004). Annual CO₂ exchange of a peat field growing spring barley or perennial forage grass. *Journal of Geophysical Research* **109**, D18116

- Maljanen, M., Martikainen, P.J., Walden, J. and Silvola, J. (2001). CO₂ exchange in an organic field growing barley or grass in eastern Finland. *Global Change Biology* **7**, 679-692.
- Maljanen, M., Komulainen, V.M., Hytonen, J., Martikainen, P. and Laine, J. (2004). Carbon dioxide, nitrous oxide and methane dynamics in boreal organic agricultural soils with different soil characteristics. *Soil Biology and Biochemistry* **36**, 1801-1808.
- Mann, L.K. (1986). Changes in soil carbon storage after cultivation. *Soil Science* **142**:279-288.
- McGill, W. B. (1996). Review and classification of ten soil organic matter models. In: Powlson D.S., Smith P., and Smith J.U. (eds.). *Evaluation of Soil Organic Matter Models Using Existing Long-Term Datasets*. Springer-Verlag, Heidelberg: pp. 111-132.
- Monte, L, Hakanson, L., Bergstrom, U., Brittain, J. and Heling, R. (1996). Uncertainty analysis and validation of environmental models: the empirically based uncertainty analysis. *Ecological Modelling* **91**:139-152.
- Nusser, S.M. and Goebel, J.J. (1997). The National Resources Inventory: a long-term multi-resource monitoring programme. *Environmental and Ecological Statistics* **4**:181-204.
- Nykänen, H., Alm, J., Lang, K., Silvola, J. and Martikainen, P.J. (1995). Emissions of CH₄, N₂O and CO₂ from a virgin fen and a fen drained for grassland in Finland. *Journal of Biogeography* **22**, 351-357.
- Ogle, S.M., Breidt, F.J., Eve, M.D. and Paustian, K. (2003). Uncertainty in estimating land-use and management impacts on soil organic carbon storage for U.S. agricultural lands between 1982 and 1997. *Global Change Biology* **9**:1521-1542.
- Ogle, S.M., Breidt, F.J. and Paustian, K. (2005). Agricultural management impacts on soil organic carbon storage under moist and dry climatic conditions of temperate and tropical regions. *Biogeochemistry* **72**:87-121.
- Ogle, S.M., Breidt, F.J. and Paustian, K. (2006). Bias and variance in model results associated with spatial scaling of measurements for parameterization in regional assessments. *Global Change Biology* **12**:516-523.
- Paustian, K., Andren, O., Janzen, H.H., Lal, R., Smith, P., Tian, G., Tiessen, H., van, Noordwijk, M. and Woerner, P.L. (1997). Agricultural soils as a sink to mitigate CO₂ emissions. *Soil Use and Management* **13**:230-244.
- Pierce, F. J., Fortin, M.-C. and Staton, M.J. (1994). Periodic plowing effects on soil properties in a no-till farming system. *Soil Science Society of America Journal* **58**:1782-1787.
- Powers, J. S., Read, J. M., Denslow, J. S. and Guzman, S. M. (2004). Estimating soil carbon fluxes following land-cover change: a test of some critical assumptions for a region in Costa Rica. *Global Change Biology* **10**:170-181.
- Smith, J.E. and Heath, L.S. (2001). Identifying influences on model uncertainty: an application using a forest carbon budget model. *Environmental Management* **27**:253-267.
- Smith, P., Powlson, D.S., Smith, J.U. and Elliott, E.T. (eds) (1997). Evaluation and comparison of soil organic matter models. Special Issue, *Geoderma* **81**:1-225.
- Smith, P., Powlson, D.S., Glendining, M.J. and Smith, J.U. (1998) Preliminary estimates of the potential for carbon mitigation in European soils through no-till farming. *Global Change Biology* **4**: 679-685.
- VandenBygaart, A.J., Gregorich, E.G., Angers, D.A., *et al.* (2004). Uncertainty analysis of soil organic carbon stock change in Canadian cropland from 1991 to 2001. *Global Change Biology* **10**:983-994.

ESTIMACIÓN DE LOS FACTORES DE CAMBIO DE EXISTENCIAS POR DEFECTO PARA EMISIONES/ABSORCIONES DE C DE SUELOS MINERALES EN TIERRAS DE CULTIVO: ANEXO 5A.1

- Agbenin, J.O. and Goladi, J.T. (1997). Carbon, nitrogen and phosphorus dynamics under continuous cultivation as influenced by farmyard manure and inorganic fertilizers in the savanna of northern Nigeria. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **63**:17-24.
- Ahl, C., Joergensen, R.G., Kandeler, E., Meyer, B. and Woehler, V. (1998). Microbial biomass and activity in silt and sand loams after long-term shallow tillage in central Germany. *Soil and Tillage Research* **49**:93-104.
- Alvarez, R., Russo, M.E., Prystupa, P., Scheiner, J.D. and Blotta, L. (1998). Soil carbon pools under conventional and no-tillage systems in the Argentine Rolling Pampa. *Agronomy Journal* **90**:138-143.

- Angers, D.A., Bolinder, M.A., Carter, M.R., Gregorich, E.G., Drury, C.F., Liang, B.C., Voroney, R.P., Simard, R.R., Donald, R.G., Beyaert, R.P. and Martel, J. (1997). Impact of tillage practices on organic carbon and nitrogen storage in cool, humid soils of eastern Canada. *Soil and Tillage Research* **41**:191-201.
- Angers, D.A., Voroney, R.P. and Cote, D. (1995). Dynamics of soil organic matter and corn residues affected by tillage practices. *Soil Science Society of America Journal* **59**:1311-1315.
- Anken, T., Weisskopf, P., Zihlmann, U., Forrer, H., Jansa, J. and Perhacova, K. (2004). Long-term tillage system effects under moist cool conditions in Switzerland. *Soil and Tillage Research* **78**:171-183.
- Baer, S.G., Rice, C.W. and Blair, J.M. (2000). Assessment of soil quality in fields with short and long term enrollment in the CRP. *Journal of Soil and Water Conservation* **55**:142-146.
- Balesdent, J., Mariotti, A. and Boissongontier, D. (1990). Effect of tillage on soil organic carbon mineralization estimated from ^{13}C abundance in maize fields. *Journal of Soil Science* **41**:587-596.
- Barber, R.G., Orellana, M., Navarro, F., Diaz, O. and Soruco, M.A. (1996). Effects of conservation and conventional tillage systems after land clearing on soil properties and crop yield in Santa Cruz, Bolivia. *Soil and Tillage Research* **38**:133-152.
- Bauer, A. and Black, A.L. (1981). Soil carbon, nitrogen, and bulk density comparisons in two cropland tillage systems after 25 years and in virgin grassland. *Soil Science Society of America Journal* **45**:166-170.
- Bayer, C., Mielniczuk, J., Martin-Neto, L. and Ernani, P.R. (2002). Stocks and humification degree of organic matter fractions as affected by no-tillage on a subtropical soil. *Plant and Soil* **238**:133-140.
- Bayer, C., Mielniczuk, J., Amado, T.J.C., Martin-Neto, L. and Fernández, S.V. (2000). Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. *Soil and Tillage Research* **54**:101-109.
- Beare, M.H., Hendrix, P.F. and Coleman, D.C. (1994). Water-stable aggregates and organic matter fractions in conventional- and no-tillage soils. *Soil Science Society of America Journal* **58**: 777-786.
- Beyer, L. (1994). Effect of cultivation on physico-chemical, humus-chemical and biotic properties and fertility of two forest soils. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **48**:179-188.
- Black, A.L. and Tanaka, D.L. (1997). A conservation tillage-cropping systems study in the Northern Great Plains of the United States. Pages 335-342 in Paul, E.A., K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole, editors. *Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems: Long-term Experiments in North America*. CRC Press. Boca Raton, FL.
- Blanco-Canqui, H., Gantzer, C.J., Anderson, S.H. and Alberts, E.E. (2004). Tillage and crop influences on physical properties for an Epiaqualf. *Soil Science Society of America Journal* **68**:567-576.
- Bordovsky, D.G., Choudhary, M. and Gerard, C.J. (1999). Effect of tillage, cropping, and residue management on soil properties in the Texas rolling plains. *Soil Science* **164**:331-340.
- Borin, M., Menini, C. and Sartori, L. (1997). Effects of tillage systems on energy and carbon balance in north-eastern Italy. *Soil and Tillage Research* **40**:209-226.
- Borresen, T. and Njos, A. (1993). Ploughing and rotary cultivation for cereal production in a long-term experiment on a clay soil in southeastern Norway. 1. Soil properties. *Soil and Tillage Research* **28**:97-108.
- Bowman, R.A. and Anderson, R.L. (2002). Conservation Reserve Program: Effects on soil organic carbon and preservation when converting back to cropland in northeastern Colorado. *Journal of Soil and Water Conservation* **57**:121-126.
- Bremer, E., Janzen, H.H. and Johnston, A.M. (1994). Sensitivity of total, light fraction and mineralizable organic matter to management practices in a Lethbridge soil. *Canadian Journal of Soil Science* **74**:131-138.
- Burke, I.C., Lauenroth, W.K. and Coffin, D.P. (1995). Soil organic matter recovery in semiarid grasslands: implications for the Conservation Reserve Program. *Ecological Applications* **5**:793-801.
- Buschiazzo, D.E., Panigatti, J.L. and Unger, P.W. (1998). Tillage effects on soil properties and crop production in the subhumid and semiarid Argentinean Pampas. *Soil and Tillage Research* **49**:105-116.
- Buyanovsky, G.A. and Wagner, G.H. (1998). Carbon cycling in cultivated land and its global significance. *Global Change Biology* **4**:131-141.
- Buyanovsky, G.A., Kucera, C.L. and Wagner, G.H. (1987). Comparative analysis of carbon dynamics in native and cultivated ecosystems. *Ecology* **68**:2023-2031.

- Cambardella, C.A. and Elliott, E.T. (1992). Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Science Society of America Journal* **56**:777-783.
- Campbell, C.A. and Zentner, R.P. (1997). Crop production and soil organic matter in long-term crop rotations in the semi-arid northern Great Plains of Canada. Pages 317-334 in: E.A. Paul, E.T. Elliott, K. Paustian, and C.V. Cole. *Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiments in North America*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Campbell, C.A., McConkey, B.G., Zentner, R.P., Selles, F. and Curtin, D. (1996). Long-term effects of tillage and crop rotations on soil organic C and total N in a clay soil in southwestern Saskatchewan. *Canadian Journal of Soil Science* **76**:395-401.
- Campbell, C.A., Lafond, G.P., Moulin, A.P., Townley-Smith, L. and Zentner, R.P. (1997). Crop production and soil organic matter in long-term crop rotations in the sub-humid northern Great Plains of Canada. Pages 297-315 in: E.A. Paul, E.T. Elliott, K. Paustian, and C.V. Cole. *Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiments in North America*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Campbell, C.A., Bowren, K.E., Schnitzer, M., Zentner, R.P. and Townley-Smith, L. (1991). Effect of crop rotations and fertilization on soil organic matter and some biochemical properties of a thick black Chernozem. *Canadian Journal of Soil Science* **71**: 377-387.
- Campbell, C.A., Zentner, R.P., Selles, F., Biederbeck, V.O., McConkey, B.G., Blomert, B. and Jefferson, P.G. (2000). Quantifying short-term effects of crop rotations on soil organic carbon in southwestern Saskatchewan. *Canadian Journal of Soil Science* **80**:193-202.
- Campbell, C.A., Biederbeck, V.O., McConkey, B.G., Curtin, D. and Zentner, R.P. (1999). Soil quality - effect of tillage and fallow frequency. Soil organic matter quality as influenced by tillage and fallow frequency in a silt loam in southwestern Saskatchewan. *Soil Biology and Biochemistry* **31**:1-7.
- Campbell, C.A., Biederbeck, V.O., Wen, G., Zentner, R.P., Schoenau, J. and Hahn, D. (1999). Seasonal trends in selected soil biochemical attributes: Effects of crop rotation in the semiarid prairie. *Canadian Journal of Soil Science* **79**:73-84.
- Campbell, C.A., Biederbeck, V.O., Zentner, R.P. and Lafond, G.P. (1991). Effect of crop rotations and cultural practices on soil organic matter microbial biomass and respiration in a thin Black Chernozem. *Canadian Journal of Soil Science* **71**: 363-376.
- Carter, M.R., Johnston, H.W. and Kimpinski, J. (1988). Direct drilling and soil loosening for spring cereals on a fine sandy loam in Atlantic Canada. *Soil and Tillage Research* **12**:365-384.
- Carter, M.R., Sanderson, J.B., Ivany, J.A. and White, R.P. (2002). Influence of rotation and tillage on forage maize productivity, weed species, and soil quality of a fine sandy loam in the cool-humid climate of Atlantic Canada, *Soil & Tillage Research*, **67**:85-98.
- Carter, M.R. (1991). Evaluation of shallow tillage for spring cereals on a fine sandy loam. 2. Soil physical, chemical and biological properties. *Soil and Tillage Research* **21**:37-52.
- Chan, K.Y., Roberts, W.P. and Heenan, D.P. (1992). Organic carbon and associated soil properties of a red Earth after 10 years of rotation under different stubble and tillage practices. *Australian Journal of Soil Research* **30**: 71-83.
- Chan, K.Y. and Mead, J.A. (1988). Surface physical properties of a sandy loam soil under different tillage practices. *Australian Journal of Soil Research* **26**:549-559.
- Chaney, B.K., Hodson, D.R. and Braim, M.A. (1985). The effects of direct drilling, shallow cultivation and ploughing on some soil physical properties in a long-term experiment on spring barley. *J. Agric. Sci., Camb.* **104**:125-133.
- Clapp, C.E., Allmaras, R.R., Layese, M.F., Linden, D.R. and Dowdy, R.H. (2000). Soil organic carbon and ¹³C abundance as related to tillage, crop residue, and nitrogen fertilization under continuous corn management in Minnesota. *Soil and Tillage Research* **55**:127-142.
- Collins, H.P., Blevins, R.L., Bundy, L.G., Christenson, D.R., Dick, W.A., Huggins, D.R. and Paul, E.A. (1999). Soil carbon dynamics in corn-based agroecosystems: results from carbon-13 natural abundance. *Soil Science Society of America Journal* **63**:584-591.
- Corazza, E.J. *et al.* (1999). Behavior of different management systems as a source or sink of C-CO₂ in relation to cerrado type vegetation. *R.Bras Ci.Solo* **23**:425-432.
- Costantini, A., Cosentino, D. and Segat, A. (1996). Influence of tillage systems on biological properties of a Typic Argiudoll soil under continuous maize in central Argentina. *Soil and Tillage Research* **38**:265-271.

- Dalal, R.C. (1989). Long-term effects of no-tillage, crop residue, and nitrogen application on properties of a Vertisol. *Soil Science Society of America Journal* **53**:1511-1515.
- Dalal, R.C. and Mayer, R.J. (1986). Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in Southern Queensland. I. Overall changes in soil properties and trends in winter cereal yields. *Australian Journal of Soil Research* **24**:265-279.
- Dalal R.C., Henderson P.A. and Glasby J.M. (1991). Organic matter and microbial biomass in a vertisol after 20 yr of zero tillage. *Soil Biology and Biochemistry* **23**:435-441.
- Dick, W.A. and Durkalski, J.T. (1997). No-tillage production agriculture and carbon sequestration in a Typic Fragiudalf soil of Northeastern Ohio. Pages 59-71 in Lal, R., J.M. Kimble, R.F. Follett, and B.A. Stewart, editors. *Advances in Soil Science: Management of Carbon Sequestration in Soil*. CRC Press Inc. Boca Raton, FL.
- Dick, W.A., Edwards, W.M. and McCoy, E.L. (1997). Continuous application of no-tillage to Ohio soils: Changes in crop yields and organic matter-related soil properties. Pages 171-182 in: E.A. Paul, E.T. Elliott, K. Paustian, and C.V. Cole. *Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiments in North America*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Doran, J.W., Elliott, E.T. and Paustian, K. (1998). Soil microbial activity, nitrogen cycling, and long-term changes in organic carbon pools as related to fallow tillage management. *Soil and Tillage Research* **49**:3-18.
- Duiker, S.W. and Lal, R. (1999). Crop residue and tillage effects on carbon sequestration in a luvisol in central Ohio. *Soil and Tillage Research* **52**:73-81.
- Edwards, J.H., Wood, C.W., Thurlow, D.L. and Ruf, M.E. (1992). Tillage and crop rotation effects on fertility status of a Hapludult soil. *Soil Science Society of America Journal* **56**:1577-1582.
- Eghball, B., Mielke, L.N., McCallister, D.L. and Doran, J.W. (1994). Distribution of organic carbon and inorganic nitrogen in a soil under various tillage and crop sequences. *Journal of Soil and Water Conservation* **49**: 201-205.
- Fabrizzi, K.P., Moron, A. and Garcia, F.O. (2003). Soil carbon and nitrogen organic fractions in degraded vs. non-degraded Mollisols in Argentina. *Soil Science Society of America Journal* **67**:1831-1841.
- Fitzsimmons, M.J., Pennock, D.J. and Thorpe, J. (2004). Effects of deforestation on ecosystem carbon densities in central Saskatchewan, Canada. *Forest Ecology and Management* **188**: 349-361.
- Fleige, H. and Baeumer, K. (1974). Effect of zero-tillage on organic carbon and total nitrogen content, and their distribution in different N-fractions in loessial soils. *Agro-Ecosystems* **1**:19-29.
- Follett, R.F. and Peterson, G.A. (1988). Surface soil nutrient distribution as affected by wheat-fallow tillage systems. *Soil Science Society of America Journal* **52**:141-147.
- Follett, R.F., Paul, E.A., Leavitt, S.W., Halvorson, A.D., Lyon, D. and Peterson, G.A. (1997). Carbon isotope ratios of Great Plains soils and in wheat-fallow systems. *Soil Science Society of America Journal* **61**:1068-1077.
- Follett, R.F., Pruessner, E.G., Samson-Liebig, S.E., Kimble, J.M. and Waltman, S.W. (2001). Carbon sequestration under the Conservation Reserve Program in the historic grassland soils of the United States of America. Pages 1-14 in Lal, R., and K. McSweeney, editors. *Soil Management for Enhancing Carbon Sequestration*. SSSA Special Publication. Madison, WI.
- Franzluebbers, A.J. and Arshad, M.A. (1996). Water-stable aggregation and organic matter in four soils under conventional and zero tillage. *Canadian Journal of Soil Science* **76**:387-393.
- Franzluebbers, A.J., Hons, F.M. and Zuberer, D.A. (1995). Soil organic carbon, microbial biomass, and mineralizable carbon and nitrogen in sorghum. *Soil Science Society of America* **59**:460-466.
- Franzluebbers, A.J., Langdale, G.W. and Schomberg, H.H. (1999). Soil carbon, nitrogen, and aggregation in response to type and frequency of tillage. *Soil Science Society of America Journal* **63**:349-355.
- Freitas, P.L., Blancaneaux, P., Gavinelly, E., Larre-Larrouy, M.-C. and Feller, C. (2000). Nivel e natureza do estoque organico de latossols sob diferentes sistemas de uso e manejo, Pesq.agropec.bras. *Brasilia* **35**: 157-170.
- Freixo, A.A., Machado, P., dos Santos, H.P., Silva, C.A. and Fadigas, F. (2002). Soil organic carbon and fractions of a Rhodic Ferralsol under the influence of tillage and crop rotation systems in southern Brazil. *Soil and Tillage Research* **64**:221-230.

- Frye, W.W. and Blevins, R.L. (1997). Soil organic matter under long-term no-tillage and conventional tillage corn production in Kentucky. Pages 227-234 in: E.A. Paul, E.T. Elliott, K. Paustian, and C.V. Cole. Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiments in North America. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Garcia-Prechac, F., Ernst, O., Siri-Prieto, G. and Terra, J.A. (2004). Intergrating no-till into crop-pasture rotations in Uruguay. *Soil and Tillage Research* **77**:1-13.
- Gebhart, D.L., Johnson, H.B., Mayeux, H.S. and Polley, H.W. (1994). The CRP increases soil organic carbon. *Journal of Soil and Water Conservation* **49**:488-492.
- Ghuman, B.S. and Sur, H.S. (2001). Tillage and residue management effects on soil properties and yields of rainfed maize and wheat in a subhumid subtropical climate. *Soil and Tillage Research* **58**:1-10.
- Girma, T. (1998). Effect of cultivation on physical and chemical properties of a Vertisol in Middle Awash Valley, Ethiopia. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* **29**:587-598.
- Graham, M.H., Haynes, R.J. and Meyer, J.H. (2002). Soil organic matter content and quality: effects of fertilizer applications, burning and trash retention on a long-term sugarcane experiment in South Africa. *Soil Biology and Biochemistry* **34**:93-102.
- Grandy, A.S., Porter, G.A. and Erich, M.S. (2002). Organic amendment and rotation crop effects on the recovery of soil organic matter and aggregation in potato cropping systems. *Soil Science Society of America Journal* **66**:1311-1319.
- Gregorich, E.G., Ellert, B.H., Drury, C.F. and Liang, B.C. (1996). Fertilization effects on soil organic matter turnover and corn residue C storage. *Soil Science Society of America Journal* **60**:472-476.
- Grunzweig, J.M., Sparrow, S.D., Yakir, D. and Chapin III, F.S. (2004). Impact of agricultural land-use change on carbon storage in boreal Alaska. *Global Change Biology* **10**:452-472.
- Hadas, A., Agassi, M., Zhevelev, H., Kautsky, L., Levy, G.J., Fizik, E. and Gotessman, M. (2004). Mulching with composted municipal solid wastes in the Central Negev, Israel II. Effect on available nitrogen and phosphorus and on organic matter in soil. *Soil and Tillage Research* **78**:115-128.
- Halvorson, A.D., Wienhold, B.J. and Black, A.L. (2002). Tillage, nitrogen, and cropping system effects on soil carbon sequestration. *Soil Science Society of America Journal* **66**:906-912.
- Halvorson, A.D., Reule, C.A. and Follett, R.F. (1999). Nitrogen fertilization effects on soil carbon and nitrogen in a dryland cropping system. *Soil Science Society of America Journal* **63**:912-917.
- Halvorson, A.D., Vigil, M.F., Peterson, G.A. and Elliott, E.T. (1997). Long-term tillage and crop residue management study at Akron, Colorado. Pages 361-370 in: E.A. Paul, E.T. Elliott, K. Paustian, and C.V. Cole. Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiments in North America. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Hansmeyer, T.L., Linden, D.R., Allan, D.L. and Huggins, D.R. (1998). Determining carbon dynamics under no-till, ridge-till, chisel, and moldboard tillage systems within a corn and soybean cropping sequence. Pages 93-97 in Lal R., J.M. Kimble, R.F. Follett, and B.A. Stewart, editors. *Advances in Soil Science: Management of Carbon Sequestration in Soil*. CRC Press. Boca Raton, FL.
- Hao, X., Chang, C. and Lindwall, C.W. (2001). Tillage and crop sequence effects on organic carbon and total nitrogen content in an irrigated Alberta soil. *Soil and Tillage Research* **62**:167-169.
- Harden, J.W., Sharpe, J.M., Parton, W.J., Ojima, D.S., Fries, T.L., Huntington, T.G. and Dabney, S.M. (1999). Dynamic replacement and loss of soil carbon on eroding cropland. *Global Biogeochemical Cycles* **14**:885-901.
- Havlin, J.L. and Kissel, D.E. (1997). Management effects on soil organic carbon and nitrogen in the East-Central Great Plains of Kansas. Pages 381-386 in Paul, E.A., K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole, editors. *Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems: Long-term Experiments in North America*. CRC Press. Boca Raton, FL.
- Hendrix, P.F. (1997). Long-term patterns of plant production and soil carbon dynamics in a Georgia piedmont agroecosystem. Pages 235-245 in: E.A. Paul, E.T. Elliott, K. Paustian, and C.V. Cole. Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiments in North America. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Hernanz, J.L., Lopez, R., Navarrete, L. and Sanchez-Giron, V. (2002). Long-term effects of tillage systems and rotations on soil structural stability and organic carbon stratification in semiarid central Spain. *Soil and Tillage Research* **66**:129-141.

- Hulugalle, N.R. (2000). Carbon sequestration in irrigated vertisols under cotton-based farming systems. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* **31**:645-654.
- Hussain, I., Olson, K.R., Wander, M.M. and Karlen, D.L. (1999). Adaption of soil quality indices and application to three tillage systems in southern Illinois. *Soil and Tillage Research* **50**:237-249.
- Ihori, T., Burke, I.C., Lauenroth, W.K. and Coffin, D.P. (1995). Effects of cultivation and abandonment on soil organic matter in Northeastern Colorado. *Soil Science Society of America Journal* **59**:1112-1119.
- Jackson, L.E., Ramirez, I., Yokota, R., Fennimore, S.A., Koike, S.T., Henderson, D.M., Chaney, W.E., Calderon, F.J. and Klonsky, K. (2004). *Agriculture, Ecosystems and Environment* **103**:443-463.
- Janzen, H.H. (1987). Soil organic matter characteristics after long-term cropping to various spring wheat rotations. *Canadian Journal of Soil Science* **67**:845-856.
- Jastrow, J.D., Miller, R.M. and Lussenhop, J. (1998). Contributions of interacting biological mechanisms to soil aggregate stabilization in restored prairie. *Soil Biology and Biochemistry* **30**:905-916.
- Karlen, D.L., Kumar, A., Kanwar, R.S., Cambardella, C.A. and Colvin, T.S. (1998). Tillage system effects on 15-year carbon-based and simulated N budgets in a tile-drained Iowa field. *Soil and Tillage Research* **48**:155-165.
- Karlen, D.L., Rosek, M.J., Gardner, J.C., Allan, D.L., Alms, M.J., Bezdicek, D.F., Flock, M., Huggins, D.R., Miller, B.S. and Staben, M.L. (1999). Conservation Reserve Program effects on soil quality indicators. *Journal of Soil and Water Conservation* **54**:439-444.
- Karlen, D.L., Wollenhaupt, N.C., Erbach, D.C., Berry, E.C., Swan, J.B., Eash, N.S. and Jordahl, J.L. (1994). Long-term tillage effects on soil quality. *Soil and Tillage Research* **32**:313-327.
- Knowles, T.A. and Singh, B. (2003). Carbon storage in cotton soils of northern New South Wales. *Australian Journal of Soil Research* **41**:889-903.
- Kushwaha, C.P., Tripathi, S.K. and Singh, K.P. (2000). Variations in soil microbial biomass and N availability due to residue and tillage management in a dryland rice agroecosystem. *Soil and Tillage Research* **56**:153-166.
- Lal, R. (1998). Soil quality changes under continuous cropping for seventeen seasons of an alfisol in western Nigeria. *Land Degradation and Development* **9**:259-274.
- Lal, R., Mahboubi, A.A. and Fausey, N.R. (1994). Long-term tillage and rotation effects on properties of a central Ohio soil. *Soil Science Society of America Journal* **58**:517-522.
- Larney, F.J., Bremer, E., Janzen, H.H., Johnston, A.M. and Lindwall, C.W. (1997). Changes in total, mineralizable and light fraction soil organic matter with cropping and tillage intensities in semiarid southern Alberta, Canada. *Soil and Tillage Research* **42**:229-240.
- Lilienfein, J., Wilcke, W., Vilela, L., do Carmo Lima, S., Thomas, R. and Zech, W. (2000). Effect of no-tillage and conventional tillage systems on the chemical composition of soil solid phase and soil solution of Brazilian savanna. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* **163**: 411-419.
- Ludwig, B., John, B., Ellerbrock, R., Kaiser, M. and Flessa, H. (2003). Stabilization of carbon from maize in a sandy soil in a long-term experiment. *European Journal of Soil Science* **54**:117-126.
- McCarty, G.W., Lyssenko, N.N. and Starr, J.L. (1998). Short-term changes in soil carbon and nitrogen pools during tillage management transition. *Soil Science Society of America Journal* **62**:1564-1571.
- Mielke, L.N., Doran, J.W. and Richards, K.A. (1986). Physical environment near the surface of plowed and no-tilled soils. *Soil and Tillage Research* **7**:355-366.
- Mikhailova, E.A., Bryant, R.B., Vassenev, I.I., Schwager, S.J. and Post, C.J. (2000). Cultivation effects on soil carbon and nitrogen contents at depth in the Russian Chernozem. *Soil Science Society of America Journal* **64**:738-745.
- Mrabet, R., Saber, N., El-brahli, A., Lahlou, S. and Bessam, F. (2001). Total, particulate organic matter and structural stability of a Calcixeroll soil under different wheat rotations and tillage systems in a semiarid area of Morocco. *Soil & Tillage Research* **57**: 225-235.
- Nyborg, M., Solberg, E.D., Malhi, S.S. and Izaurrealde, R.C. (1995). Fertilizer N, crop residue, and tillage alter soil C and N content in a decade. Pages 93-99 in Lal, R., J. Kimble, E. Levine, and B.A. Stewart, editors. *Advances in Soil Science: Soil Management and Greenhouse effect*. CRC Press. Boca Raton, FL.

- Parfitt, R.L., Theng, B.K.G., Whitton, J.S. and Shepherd, T.G. (1997). Effects of clay minerals and land use on organic matter pools. *Geoderma* **75**:1-12.
- Patwardhan, A.S., Chinnaswamy, R.V., Donigian Jr., A.S., Metherell, A.K., Blevins, R.L., Frye, W.W., and Paustian, K. (1995). Application of the Century soil organic matter model to a field site in Lexington, KY. Pages 385-394 in Lal, R., J. Kimble, E. Levine, and B.A. Stewart, editors. *Advances in Soil Science: Soils and Global Change*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Paustian, K. and Elliott, E.T. Unpublished data. Field sampling of long-term experiments in U.S. and Canada for EPA carbon sequestration project.
- Pennock, D.J. and van Kessel, C. (1997). Effect of agriculture and of clear-cut forest harvest on landscape-scale soil organic carbon storage in Saskatchewan. *Canadian Journal of Soil Science* **77**:211-218.
- Pierce, F.J. and Fortin, M.-C. (1997). Long-term tillage and periodic plowing of a no-tilled soil in Michigan: Impacts, yield, and soil organic matter. Pages 141-149 in: E.A. Paul, E.T. Elliott, K. Paustian, and C.V. Cole. *Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiments in North America*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Potter, K.N., Torbert, H.A., Johnson, H.B. and Tischler, C.R. (1999). Carbon storage after long-term grass establishment on degraded soils. *Soil Science* **164**:718-723.
- Potter, K.N., Torbert, H.A., Jones, O.R., Matocha, J.E., Morrison Jr., J.E., and Unger, P.W. (1998). Distribution and amount of soil organic C in long-term management systems in Texas. *Soil and Tillage Research* **47**:309-321.
- Potter, K.N., Jones, O.R., Torbert, H.A. and Unger, P.W. (1997). Crop rotation and tillage effects on organic carbon sequestration in the semiarid southern Great Plains. *Soil Science* **162**:140-147.
- Powlson, D.S. and Jenkinson, D.S. (1982). A comparison of the organic matter, biomass, adenosine triphosphate and mineralizable nitrogen contents of ploughed and direct-drilled soils, *J. Agric. Sci. Camb.* **97**:713-721.
- Rasmussen, P.E and Albrecht, S.L. (1998). Crop management effects on organic carbon in semi-arid Pacific Northwest soils. Pages 209-219 in Lal R., J.M. Kimble, R.F. Follett, and B.A. Stewart, editors. *Advances in Soil Science: Management of Carbon Sequestration in Soil*. CRC Press. Boca Raton, FL.
- Reeder, J.D., Schuman, G.E. and Bowman, R.A. (1998). Soil C and N changes on Conservation Reserve Program lands in the Central Great Plains. *Soil and Tillage Research* **47**:339-349.
- Rhoton, F.E., Bruce, R.R., Buehring, N.W., Elkins, G.B., Langdale, C.W. and Tyler, D.D. (1993). Chemical and physical characteristics of four soil types under conventional and no-tillage systems. *Soil and Tillage Research* **28**: 51-61.
- Robles, M.D. and Burke, I.C. (1997). Legume, grass, and conservation reserve program effects on soil organic matter recovery. *Ecological Applications* **7**:345-357.
- Ross, C.W. and Hughes, K.A. (1985). Maize/oats forage rotation under 3 cultivation systems, 1978-83 2. Soil properties. *New Zealand Journal of Agricultural Research* **28**:209-219.
- Sa, J.C.M., Cerri, C.C., Dick, W.A., Lal, R., Filho, S.P.V., Piccolo, M.C. and Feigl, B.E. (2001). Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. *Soil Science Society of America Journal* **65**:1486-1499.
- Saffigna, P.G., Powlson, D.S., Brookes, P.C. and Thomas, G.A. (1989). Influence of sorghum residues and tillage on soil organic matter and soil microbial biomass in an Australian vertisol. *Soil Biology and Biochemistry* **21**: 759-765.
- Saggar, S., Yeates, G.W. and Shepherd, T.G. (2001). Cultivation effects on soil biological properties, microfauna and organic matter dynamics in Eutric Gleysol and Gleyic Luvisol soils in New Zealand. *Soil and Tillage Research* **58**:55-68.
- Sainju, U.M., Singh, B.P. and Whitehead, W.F. (2002). Long-term effects of tillage, cover crops, and nitrogen fertilization on organic carbon and nitrogen concentrations in sandy loam soils in Georgia, USA. *Soil and Tillage Research* **63**:167-179.
- Salinas-Garcia, J.R., Hons, F.M. and Matocha, J.E. (1997). Long-term effects of tillage and fertilization on soil organic matter dynamics. *Soil Science Society of America Journal* **61**:152-159.
- Schiffman, P.M., and Johnson, W.C. (1989). Phytomass and detrital carbon storage during forest regrowth in the southeastern United States Piedmont. *Canadian Journal of Forest Research* **19**:69-78.

- Sherrod, L.A., Peterson, G.A., Westfall, D.G. and Ahuja, L.R. (2006). Cropping intensification enhances soil organic carbon and nitrogen in a no-till agroecosystem. *Soil Science Society of America Journal*. (in press).
- Sidhu, A.S. and Sur, H.S. (1993). Effect of incorporation of legume straw on soil properties and crop yield in a maize-wheat sequence. *Tropical Agriculture (Trinidad)* **70**:226-229.
- Six, J., Elliot, E.T., Paustian, K. and Doran, J.W. (1998). Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. *Soil Science Society of America Journal* **62**:1367-1377.
- Six, J., Paustian, K., Elliott, E.T. and Combrink, C. (2000). Soil structure and organic matter: I. Distribution of aggregate-size classes and aggregate-associated carbon. *Soil Science Society of America Journal* **64**:681-689
- Slobodian, N., van Rees, K., and Pennock, D. (2002). Cultivation-induced effects on below-ground biomass and organic carbon. *Soil Science Society of America Journal* **66**:924-930.
- Solomon, D., Fritzsche, F., Lehmann, J., Tekalign, M. and Zech, W. (2002). Soil organic matter dynamics in the subhumid agroecosystems of the Ethiopian Highlands: evidence from natural ¹³C abundance and particle-size fractionation. *Soil Science Society of America Journal* **66**: 969-978.
- Sparling, G.P., Schipper, L.A., Hewitt, A.E. and Degens, B.P. (2000). Resistance to cropping pressure of two New Zealand soils with contrasting mineralogy. *Australian Journal of Soil Research* **38**:85-100.
- Stenberg, M., Stenberg, B. and Rydberg, T. (2000). Effects of reduced tillage and liming on microbial activity and soil properties in a weakly-structured soil. *Applied Soil Ecology* **14**:135-145.
- Tabeada, M.A., Micucci, F.G., Cosentino, D.J. and Lavado, R.S. (1998). Comparison of compaction induced by conventional and zero tillage in two soils of the Rolling Pampa of Argentina. *Soil and Tillage Research* **49**:57-63.
- Tiessen, H., Stewart, J.W.B. and Bettany, J.R. (1982). Cultivation effects on the amounts and concentration of carbon, nitrogen, and phosphorus in grassland soils. *Agronomy Journal* **74**:831-835.
- Unger, P.W. (2001). Total carbon, aggregation, bulk density, and penetration resistance of cropland and nearby grassland soils. Pages 77-92 in: R. Lal (ed.). Soil carbon sequestration and the greenhouse effect. SSSA Special Publication No. 57, Madison, WI.
- Vanotti, M.B., Bundy, L.G. and Peterson, A.E. (1997). Nitrogen fertilizer and legume-cereal rotation effects on soil productivity and organic matter dynamics in Wisconsin. Pages 105-119 in: E.A. Paul, E.T. Elliott, K. Paustian, and C.V. Cole. Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiments in North America. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Varvel, G.E. (1994). Rotation and nitrogen fertilization effects on changes in soil carbon and nitrogen. *Agronomy Journal* **86**:319-325.
- Voroney, R.P., van Veen, J.A. and Paul, E.A. (1981). Organic C dynamics in grassland soils. 2. Model validation and simulation of the long-term effects of cultivation and rainfall erosion. *Canadian Journal of Soil Science* **61**:211-224.
- Wander, M.M., Bidart, M.G. and Aref, S. (1998). Tillage impacts on depth distribution of total and particulate organic matter in three Illinois soils. *Soil Science Society of America Journal* **62**:1704-1711.
- Wanniarachchi, SD, Voroney, R.P., Vyn, T.J., Beyaert, R.P. and MacKenzie, A.F. (1999). Tillage effects on the dynamics of total and corn-residue-derived soil organic matter in two southern Ontario soils. *Canadian Journal of Soil Science* **79**: 473-480.
- Westerhof, R., Vilela, L., Azarza, M. and Zech, W. (1998). Land-use effects on labile N extracted with permanganate and the nitrogen management index in the Cerrado region of Brazil. *Biology and Fertility of Soils* **27**:353-357.
- Wu, T., Schoenau, J.J., Li, F., Qian, P., Malhi, S.S., Shi, Y. and Xu, F. (2004). Influence of cultivation and fertilization on total organic carbon and carbon fractions in soils from the Loess Plateau of China. *Soil and Tillage Research* **77**:59-68.
- Yang, X.M. and Kay, B.D. (2001). Impacts of tillage practices on total, loose- and occluded-particulate, and humified organic carbon fractions in soils within a field in southern Ontario. *Canadian Journal of Soil Science* **81**: 149-156.
- Yang, X.M. and Wander, M.M. (1999). Tillage effects on soil organic carbon distribution and storage in a silt loam soil in Illinois. *Soil and Tillage Research* **52**:1-9.

- Zeleeke, T.B., Grevers, M.C.J., Si, B.C., Mermut, A.R. and Beyene, S. (2004). Effect of residue incorporation on physical properties of the surface soil in the South Central Rift Valley of Ethiopia. *Soil and Tillage Research* **77**:35-46.
- Zhang, H., Thompson, M.L. and Sandor, J.A. (1988). Compositional differences in organic matter among cultivated and uncultivated Argiudolls and Hapludalfs derived from loess. *Soil Science Society of America Journal* **52**:216-222.

CULTIVO DEL ARROZ

- Cai, Z.C., Tsuruta, H. and Minami, K. (2000). Methane emission from rice fields in China: measurements and influencing factors. *Journal of Geophysical Research* **105**(D13): 17231-17242.
- Cai, Z.C., Tsuruta, H., Gao, M., Xu, H. and Wei, C.F. (2003a). Options for mitigating methane emission from a permanently flooded rice field. *Global Change Biology* **9**: 37-45.
- Cai, Z.C., Sawamoto, T., Li, C.S., Kang, G.D., Boonjawat, J., Mosier, A. and Wassmann, R. (2003b). Field validation of the DNDC model for greenhouse gas emissions in East Asian cropping systems, *Global Biogeochemical Cycles* **17**(4): 1107 doi:10.1029/2003GB002046,2003.
- Cicerone, R.J. and Shetter, J.D. (1981). Sources of atmospheric methane: Measurements in rice paddies and a discussion. *Journal of Geophysical Research* **86**: 7203-7209.
- Conrad, R. (1989). "Control of methane production in terrestrial ecosystems". In: Exchange of Trace Gases between Terrestrial Ecosystems and the Atmosphere, M.O. Andreae and D.S. Schimel(eds.), 39-58.
- Denier van der Gon, H.A.C. and Neue, H.U. (1995). Influence of organic matter incorporation on the methane emission from a wetland rice field. *Global Biogeochemical Cycles* **9**: 11-22.
- Denier van der Gon, H.A.C. and Neue, H.U. (2002). Impact of gypsum application on the methane emission from a wetland rice field. *Global Biogeochemical Cycles* **8**: 127-134.
- Fitzgerald, G.J., Scow, K.M. and Hill, J.E. (2000). Fallow season straw and water management effects on methane emissions in California rice. *Global Biogeochem. Cycles*, **14**: 767-775.
- Huang, Y., Jiao, Y., Zong, L.G., Zheng, X.H., Sass, R.L. and Fisher, F.M. (2002). Quantitative dependence of methane emission on soil properties, *Nutrient Cycling in Agroecosystems* **64**(1-2): 157-167.
- Huang, Y., Zhang, W., Zheng, X.H., Li, J. and Yu, Y.Q. (2004). Modeling methane emission from rice paddies with various agricultural practices. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* **109** (D8): Art. No. D08113 APR 29 2004.
- IAEA (1992). Manual on measurement of methane and nitrous oxide emissions from agriculture. IAEA-TECDOC-674, pp. 91.
- IGAC (1994). Global measurements standards of methane emissions for irrigated rice cultivation. Sass, R.L. and H.-U. Neue (eds.) IGAC Core Project Office, Cambridge, Mass., USA, 10 pp.
- IPCC (International Panel on Climate Change) (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Workbook (Volume 2). Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC (International Panel on Climate Change) (2000). Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Cambridge University Press, Cambridge.
- IRRI (1995). World rice statistics 1993-94, International Rice Research Institute, Los Banõs, pp. 260.
- Li, C.S., Mosier, A., Wassmann, R., Cai, Z.C., Zheng, X.H., Huang, Y., Tsuruta, H., Boonjawat, J. and Lantin, R. (2004). Modeling greenhouse gas emissions from rice-based production systems: Sensitivity analysis and upscaling, *Global Biogeochemical Cycles* **18**, doi: 10.1029/2003GB00204, 2004.
- Lindau, C.W., Bollich, P.K., de Laune, R.D., Mosier, A.R. and Bronson, K.F. (1993). Methane mitigation in flooded Louisiana rice fields. *Biology and Fertility of Soils* **15**: 174-178.
- Minami, K. (1995). The effect of nitrogen fertilizer use and other practices on methane emission from flooded rice. *Fertilizer Research* **40**: 71-84.
- Neue, H.U. and Sass, R. (1994). Trace gas emissions from rice fields. In: Prinn R.G. (ed.) Global Atmospheric-Biospheric Chemistry. Environmental Science Res. 48. Plenum Press, New York, pp. 119-148.
- Nouchi, I., Mariko, S. and Aoki, K. (1990). Mechanism of methane transport from the rhizosphere to the atmosphere through rice plants. *Plant Physiology* **94**: 59-66.

- Sass, R. (2002). CH₄ emissions from rice agriculture. In 'Background Papers, IPCC Expert Meetings on Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. IPCC-NGGIP, p. 399-417, available at <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/>.
- Sass, R.L., Fisher, F.M., Harcombe, P.A. and Turner, F.T. (1991). Mitigation of methane emission from rice fields: Possible adverse effects of incorporated rice straw. *Global Biogeochemical Cycles*, 5: 275-287.
- Sass, R.L., Fisher, F.M., Wang, Y.B., Turner, F.T. and Jund, M.F. (1992). Methane emission from rice fields: The effect of floodwater management. *Global Biogeochemical Cycles* 6: 249-262
- Sass, R. I., Fisher, F. M., Lewis, S. T., Jund, M. F. and Turner, F. T. (1994). Methane emissions from rice fields: Effect of soil properties. *Global Biogeochemical Cycles* 2, 135-140, 1994.
- Schütz, H., Holzapfel-Pschorn, A., Conrad, R., Rennenberg, H. and Seiler, W. (1989). A 3-year continuous record on the influence of daytime, season, and fertilizer treatment on methane emission rates from an Italian rice paddy. *Journal of Geophysical Research* 94: 16405-16416.
- Takai, Y. (1970). The mechanism of methane fermentation in flooded paddy soil. *Soil Science and Plant Nutrition* 16: 238-244.
- Wassmann, R., and Aulakh, M.S. (2000). The role of rice plants in regulating mechanisms of methane emissions. *Biology and Fertility of Soils* 31: 20-29.
- Wassmann, R., Neue, H.U., Bueno, C., Lantin, R.S., Alberto, M.C.R., Buendia, L.V., Bronson, K., Papen, H. and Rennenberg, H. (1998). Methane production capacities of different rice soils derived from inherent and exogenous substrates. *Plant and Soil* 203: 227-237.
- Wassmann, R., Buendia, L.V., Lantin, R.S., Makarim, K., Chareonsilp, N. and Rennenberg, H. (2000). Characterization of methane emissions from rice fields in Asia. II. Differences among irrigated, rainfed, and deepwater rice. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 58: 107-119.
- Watanabe, A. and Kimura, M. (1998). Factors affecting variation in CH₄ emission from paddy soils grown with different rice cultivars: A pot experiment. *Journal of Geophysical Research* 103: 18947-18952.
- Yagi, K. and Minami, K. (1990). Effect of organic matter application on methane emission from some Japanese paddy fields. *Soil Science and Plant Nutrition* 36: 599-610.
- Yagi, K., Tsuruta, H., Kanda, K. and Minami, K. (1996). Effect of water management on methane emission from a Japanese rice paddy field: Automated methane monitoring. *Global Biogeochemical Cycles* 10: 255-267.
- Yagi, K., Minami, K. and Ogawa, Y. (1998). Effect of water percolation on methane emission from rice paddies: a lysimeter experiment. *Plant and Soil* 198: 193-200.
- Yan, X., Yagi, K., Akiyama, H. and Akimoto, H. (2005). Statistical analysis of the major variables controlling methane emission from rice fields. *Global Change Biology* 11, 1131-1141, doi: 10/1111/j.1365-2486.2005.00976.x.

CAPÍTULO 6

PASTIZALES

Autores

Louis Verchot (ICRAF/Estados Unidos), Thelma Krug (Brasil), Rodel D. Lasco (Filipinas), Stephen Ogle (Estados Unidos) y John Raison (Australia)

Yue Li (China), Daniel L. Martino (Uruguay), Brian G. McConkey (Canadá) y Pete Smith (Reino Unido)

Autor colaborador

Mercy Wanja Karunditu (ICRAF)

Índice

6	Pastizales	
6.1	Introducción.....	6.5
6.2	Pastizales que permanecen como tales (GG, del inglés <i>Grassland remaining Grassland</i>)	6.6
6.2.1	Biomasa	6.6
6.2.1.1	Elección del método	6.7
6.2.1.2	Elección de los factores de emisión/absorción	6.8
6.2.1.3	Elección de los datos de la actividad	6.9
6.2.1.4	Pasos de cálculo para los Niveles 1 y 2	6.9
6.2.1.5	Evaluación de incertidumbre	6.10
6.2.2	Materia orgánica muerta	6.11
6.2.2.1	Elección del método	6.12
6.2.2.2	Elección de los factores de emisión/absorción	6.12
6.2.2.3	Elección de los datos de la actividad	6.13
6.2.2.4	Pasos de cálculo para los Niveles 1 y 2	6.13
6.2.2.5	Evaluación de incertidumbre	6.14
6.2.3	Carbono del suelo	6.15
6.2.3.1	Elección del método	6.15
6.2.3.2	Elección del factor de cambio de existencias y de emisión	6.18
6.2.3.3	Elección de los datos de la actividad	6.20
6.2.3.4	Pasos de cálculo para el Nivel 1	6.22
6.2.3.5	Evaluación de incertidumbre	6.24
6.2.4	Emisiones de gases de efecto invernadero no CO ₂ a partir del quemado de biomasa	6.25
6.2.4.1	Elección del método	6.25
6.2.4.2	Elección de los factores de emisión	6.26
6.2.4.3	Elección de los datos de la actividad	6.26
6.2.4.4	Evaluación de incertidumbre	6.27
6.3	Tierras convertidas en pastizales (LG, del inglés <i>Land converted to Grassland</i>)	6.27
6.3.1	Biomasa	6.28
6.3.1.1	Elección del método	6.29
6.3.1.2	Elección de los factores de emisión/absorción	6.30
6.3.1.3	Elección de los datos de la actividad	6.32
6.3.1.4	Pasos de cálculo para los Niveles 1 y 2	6.33
6.3.1.5	Evaluación de incertidumbre	6.34
6.3.2	Materia orgánica muerta	6.35
6.3.2.1	Elección del método	6.35
6.3.2.2	Elección de los factores de emisión/absorción	6.37
6.3.2.3	Elección de los datos de la actividad	6.37

6.3.2.4	Pasos de cálculo para los Niveles 1 y 2	6.38
6.3.2.5	Evaluación de incertidumbre	6.39
6.3.3	Carbono del suelo	6.40
6.3.3.1	Elección del método	6.40
6.3.3.2	Elección de los factores de cambio de existencias y de emisión	6.41
6.3.3.3	Elección de los datos de la actividad	6.42
6.3.3.4	Pasos de cálculo para el Nivel 1	6.43
6.3.3.5	Evaluación de incertidumbre	6.44
6.3.4	Emisiones de gases de efecto invernadero no CO ₂ a partir del quemado de biomasa	6.44
6.3.4.1	Elección del método	6.45
6.3.4.2	Elección de los factores de emisión	6.45
6.3.4.3	Elección de los datos de la actividad	6.45
6.3.4.4	Evaluación de incertidumbre	6.46
6.4	Exhaustividad, series temporales, GC/CC y generación de informes	6.46
6.4.1	Exhaustividad	6.46
6.4.2	Desarrollo de una serie temporal coherente	6.47
6.4.3	Garantía de calidad y control de calidad	6.48
6.4.4	Generación de informes y documentación	6.49
Anexo 6A.1	Estimación de los factores de cambio de existencias por defecto para emisiones/absorciones de C en suelos minerales de Pastizales	6.51
Referencias	.....	6.52

Figura

Figura 6.1	Esquema de clasificación para sistemas de pastizales/pastoreo.	6.21

Cuadros

Cuadro 6.1	Factores de expansión por defecto de la relación entre la biomasa subterránea y aérea (R) para los principales ecosistemas de pastizales del mundo	6.8
Cuadro 6.2	Factores relativos de cambio de existencias para la gestión de los pastizales	6.19
Cuadro 6.3	Factores de emisión (EF) anuales para suelos orgánicos drenados de pastizales	6.20
Cuadro 6.4	Existencias de biomasa por defecto presentes en los pastizales , después de la conversión de otro uso de la tierra	6.31

6 PASTIZALES

6.1 INTRODUCCIÓN

Los pastizales cubren un cuarto de la superficie terrestre (Ojima *et al.*, 1993) y abarcan una gama de condiciones climáticas que van desde las áridas hasta las húmedas. Los pastizales varían de forma considerable en el grado y la intensidad de su gestión, desde los prados y las sabanas gestionados extensivamente – donde la carga animal y los regímenes de incendios son las variables principales de la gestión – hasta las tierras de pastura y heno gestionadas intensivamente (p. ej. con fertilización, irrigación o cambios en especies). Los pastizales suelen poseer una vegetación dominada por pastizales perennes y el uso predominante de la tierra es el pastoreo.

En general, los pastizales se distinguen del «bosque» como ecosistemas con una cobertura forestal de árboles inferior a un cierto umbral, que varía de una región a otra. En los pastizales predomina el carbono subterráneo, que se encuentra principalmente en las raíces y en la materia orgánica del suelo. La transición de las lluvias o los gradientes del suelo entre los pastizales y el bosque se produce a menudo gradualmente. Muchos arbustales con altas proporciones de biomasa leñosa perenne pueden considerarse un tipo de pastizal, y los países pueden optar por contabilizar algunos o todos ellos dentro de la categoría de Pastizales.

Muchas especies de pastizales se han adaptado para hacer frente al pastoreo y los daños normales ocasionados por el fuego y, en consecuencia, tanto la vegetación como el carbono del suelo son relativamente resistentes a las perturbaciones ocasionados por el pastoreo moderado y los incendios (Milchunas y Lauenroth, 1993). En muchos tipos de pastizales, la presencia del fuego es un factor clave para evitar la invasión de especies leñosas que afectan significativamente las reservas de carbono del ecosistema (Jackson *et al.*, 2002).

Las *Directrices del IPCC de 1996* trataban sólo de las emisiones procedentes del quemado de las sabanas tropicales y de los cambios en la biomasa asociados con la conversión de los Pastizales en otro tipo de uso de la tierra. Se emplearon tres conjuntos de cálculos para estimar las emisiones de CO₂ debidas a la conversión de los pastizales: (i) el dióxido de carbono emitido por el quemado de la biomasa aérea, (ii) el dióxido de carbono liberado por la descomposición de la biomasa aérea, y (iii) el dióxido de carbono liberado por el suelo. No se hicieron previsiones explícitas para declarar los cambios en las existencias de carbono de los pastizales asociadas con los cambios en la cobertura de biomasa leñosa perenne, o los cambios en la gestión de estos sistemas.

Estas *Directrices* actualizan las *Directrices del IPCC de 1996* y permiten estimar las emisiones y absorciones de carbono en los pastizales, debido a los cambios en la biomasa aérea y subterránea, las emisiones de los gases de efecto invernadero no-CO₂ debidas al quemado de la biomasa, y las emisiones y absorciones de carbono de los pastizales debidas a los cambios en las existencias de carbono del suelo. Incluyen nuevas metodologías que fueron desarrolladas en la *GPG-LULUCF* (IPCC, 2003). Los nuevos elementos relativos a las *Directrices del IPCC de 1996* incluyen:

- Metodologías para considerar los cambios de existencias de C en los dos depósitos principales del pastizal: biomasa y suelos;
- Inclusión explícita del impacto de las perturbaciones naturales y los incendios en los pastizales gestionados;
- Estimación de las emisiones y absorciones de la *Tierras convertidas en pastizales*;
- La extensión de los métodos para la estimación de gases de efecto invernadero no CO₂ debidos al quemado de la biomasa desde las sabanas hasta los pastizales;
- La estimación de las emisiones de los gases de efecto invernadero no CO₂ debidas al quemado de biomasa durante la conversión en pastizales; y
- Nuevos factores de tasa de cambio de existencias y existencias de referencia de C para el C orgánico del suelo.

En este capítulo se brinda orientación respecto de los métodos a utilizar por defecto y los métodos avanzados para estimar y declarar las emisiones y absorciones de los pastizales. Se proporcionan métodos y orientación para *Pastizales que permanecen como tales* (Sección 6.2) y *Tierras convertidas en pastizales* (Sección 6.3). Para los *Pastizales que permanecen como tales*, las emisiones y absorciones de carbono se basan en la estimación de los cambios en las prácticas de gestión de las existencias de carbono. Para las tierras convertidas en Pastizales, las emisiones y absorciones de carbono se basan en la estimación de los efectos de la sustitución de un determinado tipo de vegetación por la vegetación del pastizal. Si no hay datos disponibles para dividir la superficie de los pastizales en *Pastizales que permanecen como tales* y *Tierras convertidas en pastizales*, el método a utilizar por defecto consiste en considerar todos los pastizales bajo la categoría de *Pastizales que permanecen como tales*.

La variabilidad climática interanual es un factor importante a tener en cuenta cuando se compila un inventario del carbono en los pastizales. Los mayores cambios de la biomasa en pie pueden ocurrir de un año a otro, lo que está asociado con las diferencias en las precipitaciones anuales. La variabilidad interanual de las precipitaciones puede afectar también a las decisiones en la gestión, como el riego o la aplicación de fertilizantes. El compilador del inventario debe ser consciente de ello y tener en cuenta estos efectos en el inventario cuando sea apropiado.

6.2 PASTIZALES QUE PERMANECEN COMO TALES (GG, DEL INGLÉS *GRASSLAND REMAINING GRASSLAND*)

Los *Pastizales que permanecen como tales* incluyen las pasturas gestionadas que siempre han tenido la vegetación de los pastizales y el uso de las tierras de pastura u otras categorías de tierras convertidas en pastizales hace más de 20 años. Elaborar un inventario de gases de efecto invernadero para los *Pastizales que permanecen como tales* (GG) implica estimar los cambios producidos en las existencias de carbono de cinco depósitos de carbono (es decir, biomasa aérea, biomasa subterránea, madera muerta, hojarasca y materia orgánica del suelo), así como las emisiones de gases no CO₂. Las principales fuentes de emisiones y absorciones de los gases de efecto invernadero de esta categoría están asociadas con la gestión del pastizal y los cambios de esta gestión. El cambio en las existencias de C en los *Pastizales que permanecen como tales* se estima utilizando la Ecuación 2.3 del Capítulo 2. El árbol de decisiones de la Figura 1.2 (Capítulo 1) brinda una orientación para seleccionar el nivel apropiado (nivel de complejidad metodológica) para la aplicación de los procedimientos de estimación para GG.

6.2.1 Biomasa

Las estimaciones de carbono en los pastizales permanentes se ven influenciadas por las actividades humanas y las perturbaciones naturales, incluyendo: la cosecha de la biomasa leñosa, la degradación de los prados, el pastoreo, los incendios, la rehabilitación de las pasturas, su gestión, etc. La producción anual de biomasa en los pastizales puede ser elevada, pero debido a la rápida renovación y a las pérdidas por el pastoreo y los incendios, y a la senectud anual de la vegetación herbácea, las existencias en pie de la biomasa aérea rara vez sobrepasan unas cuantas toneladas por hectárea en muchos pastizales. Pueden acumularse cantidades más grandes en el componente leñoso de la vegetación, en la biomasa de raíces y en los suelos. Prácticas de gestión como las descritas anteriormente afectan el modo en el que aumentan o disminuyen las existencias de carbono de cada uno de estos depósitos.

Esta sección brinda orientación para estimar los cambios en las existencias de carbono en biomasa de los *Pastizales que permanecen como tales*, incluyendo el incremento de la cobertura de la vegetación leñosa, los efectos de agregación de materia orgánica y los efectos de la gestión y el encalado. Los conceptos que subyacen en los cambios en las existencias de carbono en la biomasa de los *Pastizales que permanecen como tales* dependen de las prácticas de gestión. El árbol de decisiones de la Figura 2.2 (Capítulo 2) brinda orientación sobre la elección de los niveles para declarar cambios en las existencias de C de la biomasa.

Debido a que a menudo faltan datos de la biomasa terrestre de ecosistemas específicos, se utiliza un método simplificado basado en la relación entre la biomasa aérea y la biomasa subterránea. Con este método, los cálculos de la biomasa subterránea están estrechamente ligados a los cálculos de la biomasa aérea. Por consiguiente, en pos de la simplicidad, se combinan la biomasa aérea con la subterránea para la estimación y declaración.

Aunque los métodos para estimar los cambios en la biomasa sean conceptualmente similares entre los Pastizales, las Tierras de cultivo, y las Tierras forestales, los pastizales son únicos en muchos sentidos. Las grandes superficies de pastizales están sujetas a incendios frecuentes que pueden influir en la abundancia de vegetación leñosa, en la mortalidad y regeneración de la vegetación herbácea y leñosa, y en la división del carbono aéreo y subterráneo. La variabilidad del clima y otras actividades de gestión, tales como la eliminación de árboles y maleza, la mejora de las pasturas, la plantación de árboles, así como el pastoreo excesivo y la degradación, pueden influir en las existencias de biomasa. Para las especies leñosas de las sabanas (pastizales con árboles), las relaciones alométricas se diferencian de aquellas utilizadas en las Tierras forestales debido a la gran cantidad de árboles multi-tallo, de matas, árboles huecos, a la elevada proporción de árboles muertos en pie, a las altas relaciones raíz/tallo y a la regeneración de los rebrotes.

6.2.1.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

El árbol de decisiones de la Figura 1.2 del Capítulo 1 brinda orientación para la selección del nivel apropiado para la aplicación de los procedimientos de estimación. La estimación de los cambios en las existencias de carbono de la biomasa requiere una estimación de los cambios en las existencias de carbono de la biomasa aérea y subterránea.

Según el nivel utilizado y los datos disponibles, los pastizales pueden ser desagregados por tipo, región, o zona climática y sistema de gestión. Es una *buena práctica* para todos los países esforzarse por mejorar sus métodos de inventario y declaración aplicando el nivel más alto posible, dentro de las circunstancias nacionales. Es una *buena práctica* utilizar métodos de Niveles 2 o 3 si las emisiones y absorciones de carbono en los *Pastizales que permanecen como tales* son una categoría principal y si la subcategoría de biomasa se considera significativa basándose en los principios establecidos en el Volumen 1, Capítulo 4.

Nivel 1

En el método de Nivel 1 se supone que no hay cambios en la biomasa de los *Pastizales que permanecen como tales*. En los pastizales en los que no hay cambios ni en el tipo ni en la intensidad de la gestión, la biomasa estará en un régimen más o menos constante (esto es, la acumulación de carbono debida al crecimiento vegetal se equilibra con las pérdidas debidas al pastoreo, la descomposición, y el fuego). En los pastizales en los que se producen cambios en la gestión a través del tiempo (p. ej., mediante la introducción de sistemas silvopastorales, la eliminación de árboles/matras debido a la gestión del pastoreo, la gestión de pasturas mejoradas u otras prácticas), los cambios en las existencias de carbono pueden ser significativos. Si es razonable suponer que el pastizal no es una fuente principal, un país puede aplicar la hipótesis del Nivel 1 de que no hay cambios en la biomasa. Sin embargo, si hay información disponible para desarrollar estimaciones fiables de las tasas de cambio de la biomasa en los *Pastizales que permanecen como tales*, un país puede utilizar un nivel superior, incluso si los *Pastizales que permanecen como tales* no son una fuente principal, especialmente si es probable que se produzcan cambios en la gestión.

Nivel 2

EL Nivel 2 permite estimar cambios en la gestión de la biomasa debidos a las prácticas de gestión. Se sugieren dos métodos para la estimación de los cambios en las existencias de carbono de la biomasa.

Método de ganancias y pérdidas (véase la Ecuación 2.7 del Capítulo 2): Este método incluye la estimación de la superficie del pastizal según las categorías de gestión y el crecimiento anual promedio y la pérdida de las existencias de biomasa. Requiere una estimación de la superficie del *Pastizal que permanece como tal*, de acuerdo con los diferentes climas, zonas ecológicas o tipos de pastizal, régimen de perturbación, régimen de gestión, u otros factores que afecten significativamente los depósitos de carbono de la biomasa y el crecimiento y la pérdida de biomasa según los diferentes tipos de pastizal.

Método de diferencia de existencias (véase la Ecuación 2.8 del Capítulo 2): El Método de diferencia de existencias incluye la estimación de la superficie del pastizal y de las existencias de biomasa en dos periodos de tiempo, t_1 y t_2 . Las diferencias de existencias en la biomasa anual media del año del inventario se obtienen dividiendo la diferencia de existencias por el periodo (años) entre inventarios. Este método se puede aplicar en los países que tienen inventarios periódicos, y puede ser más apropiado para los países que adoptan los métodos de Nivel 3. Puede no ser muy apropiado en las regiones con climas muy variables y puede producir resultados espurios a menos que se lleven a cabo inventarios anuales.

Nivel 3

Los métodos de Nivel 3 se emplean en los países que cuentan con factores de emisión específicos del país y con datos considerables a nivel nacional. La metodología definida para el país puede basarse en inventarios detallados de parcelas de muestreo permanente de sus pastizales y/o en modelos.

En cuanto al Nivel 3, los países deben desarrollar sus propias metodologías y parámetros para estimar los cambios en la biomasa. Estas metodologías pueden derivarse de la Ecuación 2.7 o 2.8 especificadas precedentemente, o pueden basarse en otros métodos. El método utilizado debe documentarse claramente.

Las estimaciones de las existencias de carbono en la biomasa a nivel nacional deben determinarse como parte de un inventario nacional de pastizales, de modelos de nivel nacional o de un programa específico de inventarios de gases de efecto invernadero (GEI), con muestreo periódico según los principios establecidos en el Volumen 1. Los datos del inventario pueden acompañarse de estudios de modelización para capturar la dinámica de todos los depósitos de carbono de los pastizales.

Los métodos del Nivel 3 permiten obtener estimaciones con mayor certidumbre que los niveles inferiores y se caracterizan por una mejor relación entre los distintos depósitos de carbono. Algunos países han desarrollado matrices de perturbación que dan como resultado una pauta de re-atribución de carbono entre los distintos depósitos para cada tipo de perturbación.

6.2.1.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN/ABSORCIÓN

Los factores de emisión y absorción que se necesitan para estimar los cambios en la biomasa debida a la gestión incluyen la tasa de crecimiento de la biomasa, la pérdida de biomasa, y el factor de expansión para la biomasa subterránea. Los factores de emisión y absorción se utilizan para estimar el crecimiento y la pérdida en la biomasa debida a la invasión de la vegetación leñosa perenne en el pastizal, a la degradación por el pastoreo excesivo, y a otros efectos de la gestión.

Nivel 1

El nivel 1 debe elegirse cuando no hay emisiones o absorciones significativas en el *Pastizal que permanece como tal*. El Nivel 1 supone que la biomasa de todo el *Pastizal que permanece como tal* se mantiene estable. Se aconseja que los países que experimenten cambios significativos en la gestión del pastizal o perturbaciones desarrollen datos nacionales para estimar este impacto, y que lo declaren bajo la metodología de Nivel 2 o 3.

Nivel 2

Es una *buena práctica* utilizar datos de nivel nacional sobre las existencias de C en la biomasa para diferentes categorías de pastizales, en combinación con valores por defecto, si no se dispone de valores específicos nacionales o regionales respecto a algunas categorías de pastizal. Los valores específicos del país para el incremento neto de biomasa, así como las pérdidas de árboles vivos cosechados y pastizales, que se convierten en residuos de cosecha y las tasas de descomposición, en el caso del Método de ganancias y pérdidas o el cambio neto en las existencias de biomasa en el caso del Método de diferencia de existencias, se pueden derivar de los datos específicos del país, teniendo en cuenta el tipo de Pastizal, la tasa de utilización de la biomasa, las prácticas de cosecha, y la cantidad de vegetación deteriorada durante las operaciones de cosecha. Los valores específicos del país en cuanto a regímenes de perturbaciones deben derivarse de estudios científicos.

La estimación de la biomasa subterránea puede ser un componente importante de los sondeos de la biomasa de los pastizales, pero las medidas de campo son laboriosas y difíciles. Por consiguiente, a menudo se utilizan factores de expansión para estimar la biomasa subterránea a partir de la biomasa aérea. Las adaptaciones al fuego y al pastoreo han conducido a relaciones más altas raíz/tallo en comparación con otros muchos ecosistemas; por lo tanto los factores de expansión de biomasa de los ecosistemas no perturbados no pueden aplicarse sin modificación. Las relaciones raíz/tallo varían significativamente tanto en especies individuales (p. ej., Anderson *et al.*, 1972) como a escala comunitaria (p. ej., Jackson *et al.*, 1996; Cairns *et al.*, 1997). Por lo tanto, se recomienda utilizar, siempre que sea posible, relaciones raíz/tallo derivadas empíricamente para una región o tipo de vegetación. El Cuadro 6.1 proporciona las relaciones raíz/tallo por defecto (de toda la vegetación) para los ecosistemas de los pastizales en las principales zonas climáticas del mundo (zonas climáticas del IPCC tomadas del Anexo 3A.5). Estos valores pueden tomarse por defecto si los países no tienen más información específica para desarrollar las relaciones específicas del país. Las relaciones para bosque/sabana y arbustales también se incluyen para que las utilicen los países que incluyen estas tierras en la sección de pastizales de sus inventarios.

CUADRO 6.1 FACTORES DE EXPANSIÓN POR DEFECTO DE LA RELACIÓN ENTRE LA BIOMASA SUBTERRÁNEA Y AÉREA (R) PARA LOS PRINCIPALES ECOSISTEMAS DE PASTIZALES DEL MUNDO					
Categoría de uso de la tierra	Tipo de vegetación	Zona climática del IPCC aproximada¹	R biomasa subterránea (ton d.m. para biomasa aérea)^{1]}	n	Error²
Pastizales	Pastizales estepa/tundra/pradera	Boreal – Seco & Húmedo Templado frío – Húmedo Templado cálido – Húmedo	4,0	7	± 150%
	Pastizal semiárido	Templado frío – Seco Templado cálido – Seco Tropical – Seco	2,8	9	± 95%
	Subtropical/ pastizal tropical	Tropical – Húmedo & muy húmedo	1,6	7	± 130%
Otro	Bosque/sabana		0,5	19	± 80%
	Arbustal		2,8	9	± 144%
¹ La clasificación de los datos fuente se hizo por tipos de bioma y, por lo tanto, la correspondencia con las zonas climáticas del IPCC es aproximada. ² Las estimaciones del error se proporcionan con dos veces la desviación estándar, como un porcentaje de la media.					

Nivel 3

Los métodos de Nivel 3 consisten en utilizar una combinación de modelos dinámicos y medición de inventario de los cambios en las existencias de biomasa. Este método no emplea cambios de existencias simples ni factores de emisión *per se*. Las estimaciones de las emisiones y absorciones utilizando métodos basados en los modelos se derivan de la interacción de ecuaciones múltiples que estiman el cambio neto de las existencias de biomasa dentro de los modelos. Los modelos, conjuntamente con las estimaciones de las existencias basadas en el muestreo periódico, similares a las utilizadas en los inventarios forestales detallados, podrían aplicarse para estimar los cambios de existencias, o las entradas y salidas como en el Nivel 2 para hacer extrapolaciones espaciales de las superficies de pastizales. Por ejemplo, se pueden emplear modelos validados de crecimiento por especies específicas que consideran efectos de la gestión tales como la intensidad del pastoreo, el fuego y la fertilización, con los datos correspondientes sobre las actividades de gestión, para estimar los cambios netos de la biomasa de los pastizales a través del tiempo.

6.2.1.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Los datos de la actividad consisten en las superficies de los *Pastizales que permanecen como tales* resumidas según principales tipos de pastizales, prácticas de gestión y regímenes de perturbaciones. Las superficies totales de pastizales deben determinarse de acuerdo con los Métodos establecidos en el Capítulo 3 y deben ser coherentes con las declaradas en otras secciones de este capítulo, y en particular en las secciones de C del suelo y en DOM de los *Pastizales que permanecen como tales*. La evaluación de los cambios en la biomasa se facilita considerablemente si esta información puede utilizarse conjuntamente con los datos nacionales sobre suelos y clima, inventarios de vegetación y otros datos biofísicos.

6.2.1.4 PASOS DE CÁLCULO PARA LOS NIVELES 1 Y 2

Lo que sigue resume los pasos para estimar los cambios en las existencias de carbono en la biomasa (ΔC_B)

Nivel 1

Una vez que los países deciden aplicar un método de Nivel 1, no es necesario realizar ningún trabajo posterior, puesto que se supone que el ecosistema se encuentra en régimen constante, donde no se espera que se produzcan cambios en las existencias de carbono. Por lo tanto, no hay hoja de trabajo para la biomasa.

Nivel 2 (Método de ganancias y pérdidas – Ecuación 2.7 del Capítulo 2)

Paso 1: determinar las categorías de pastizales a utilizar en esta evaluación y las superficies representativas. Las categorías consisten en las definiciones del tipo de pastizales (p. ej., estratificados por zonas climáticas y colección de especies) y el estado o la gestión de este tipo [p. ej., «pradera de hierbas altas degradada» (Estados Unidos, Canadá), o «campo limpio de pastoreo» (Brasil)]. Los datos de superficie deben obtenerse empleando los métodos descritos en el Capítulo 3.

Paso 2: determinar el incremento de biomasa y la pérdida de biomasa leñosa (utilizando las Ecuaciones 2.9 y 2.11), para cada estrato y utilizar éstas para estimar el cambio neto de la biomasa (utilizando la ecuación 2.7). Si sólo existen datos de la biomasa aérea, los países pueden utilizar los factores de expansión de las relaciones biomasa subterránea/biomasa aérea para estimar la proporción de la biomasa subterránea. Multiplicar el cambio de la biomasa por el contenido de carbono de la biomasa seca. El valor por defecto es 0,50 ton de C por tonelada de biomasa (peso en seco). Un método de Nivel 2 puede utilizar los factores de expansión por defecto proporcionados en el Cuadro 6.1 para estimar la biomasa a subterránea si los factores específicos del país no están disponibles.

Paso 3: determinar el incremento de biomasa promedio y la pérdida de biomasa herbácea y utilizar estos datos para estimar el cambio neto de la biomasa utilizando la Ecuación 2.7. Puede crearse un método basado en las Ecuaciones 2.9 y 2.11 para la biomasa herbácea. Si sólo existen datos de la biomasa aérea, los países pueden utilizar los factores de expansión de las relaciones biomasa subterránea/biomasa aérea para estimar la proporción de la biomasa subterránea. Multiplicar el cambio de la biomasa por el contenido de carbono de la biomasa seca. El valor por defecto es 0,47 ton de C por tonelada de biomasa (peso en seco). Este valor por defecto se diferencia del de la *GPG-LULUCF* (IPCC, 2003), pero es más realista para la biomasa herbácea. Un método de Nivel 3 requiere factores de expansión específicos del país o del ecosistema. Un método de Nivel 2 puede utilizar los factores de expansión por defecto proporcionados en el Cuadro 6.1 para estimar la biomasa subterránea si los factores específicos del país no están disponibles.

Paso 4: si el incremento y la pérdida fueron calculados en base a superficies, estimar el cambio total de las existencias de carbono de la biomasa para cada categoría multiplicando la superficie representativa de cada categoría por el cambio neto de la biomasa de esa categoría. De lo contrario, proceder con el paso 5.

Paso 5: estimar el cambio neto total de las existencias de carbono en la biomasa sumando los cambios netos en la biomasa herbácea y en la biomasa leñosa perenne.

Nivel 2 (Método de diferencia de existencias – Ecuación 2.8 del Capítulo 2)

Paso 1: el mismo que para el Método de ganancias y pérdidas (véase lo citado precedentemente).

Paso 2: determinar el intervalo temporal del inventario, la biomasa leñosa promedio en el inventario inicial (t_1) y la biomasa leñosa promedio en el inventario final (t_2). Utilizar estos valores para estimar el cambio neto anual de la biomasa leñosa (Ecuación 2.8). Si sólo existen datos de la biomasa aérea, los países pueden utilizar los factores de expansión de las relaciones biomasa subterránea/biomasa aérea (R) para estimar la proporción de la biomasa subterránea. Multiplicar el cambio de la biomasa por el contenido de carbono de la biomasa seca. El valor por defecto es 0,50 ton de C por tonelada de biomasa (peso en seco). Un método de Nivel 3 requiere factores de expansión específicos del país o del ecosistema. Un método de Nivel 2 puede utilizar los factores de expansión por defecto proporcionados en el Cuadro 6.1 para estimar la biomasa subterránea o los factores de expansión específicos del país o del ecosistema si están disponibles. Observar que los valores R del Cuadro 6.1 son los valores R del ecosistema completo. Por lo tanto, para utilizar estos valores, debe sumar primero la biomasa aérea herbácea y la biomasa leñosa y después multiplicar por R para obtener el valor de la biomasa subterránea.

Paso 3: determinar el intervalo temporal del inventario, la biomasa herbácea promedio en el inventario inicial (C_{t1}) y la biomasa herbácea promedio en el inventario final (C_{t2}). Utilizar estos valores, y el intervalo temporal del inventario, para estimar el cambio neto anual de la biomasa herbácea (Ecuación 2.8). Si sólo existen datos de la biomasa aérea, los países pueden utilizar los factores de expansión de las relaciones biomasa subterránea/biomasa aérea para estimar la proporción de la biomasa subterránea. Multiplicar el cambio de la biomasa por el contenido de carbono de la biomasa seca. El valor por defecto es 0,47 ton de C por tonelada de biomasa (peso en seco). Este valor por defecto se diferencia del de la *GPG-LULUCF* (IPCC, 2003), pero es más realista para la biomasa herbácea. Un método de Nivel 3 requiere factores de expansión específicos del país o del ecosistema. Un método de Nivel 2 puede utilizar los factores de expansión por defecto proporcionados en el Cuadro 6.1 para estimar la biomasa subterránea si los factores específicos del país no están disponibles.

Paso 4: estimar el cambio total de las existencias de carbono en la biomasa para cada categoría utilizando la Ecuación 2.8.

Paso 5: estimar el cambio neto total de las existencias de carbono en la biomasa sumando los cambios netos en la biomasa herbácea y en la biomasa leñosa perenne.

6.2.1.5 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Esta sección aborda las incertidumbres específicas de la fuente pertinentes para las estimaciones de C de la biomasa hechas en los *Pastizales que permanecen como tales*. En los inventarios de C existen dos fuentes de incertidumbre: 1) incertidumbres en los datos de la actividad de uso y gestión de la tierra y del medio ambiente; 2) incertidumbres en el incremento y la pérdida del carbono, las existencias de carbono y los términos de los factores de expansión en los factores de cambio/emisión de existencias para los métodos de Nivel 2, error en la estructura/los parámetros del modelo para los métodos basados en el modelo de Nivel 3, o errores de medición/variabilidad en el muestreo relacionados con los inventarios basados en mediciones de Nivel 3. Por lo general, la precisión de un inventario se incrementa y los intervalos de confianza son más estrechos cuando hay más intensidad de muestreo para estimar los valores para cada categoría, mientras que es más factible que se reduzca el sesgo (es decir, que mejore la exactitud) a través del desarrollo de un inventario de Nivel superior en el que se incluya información específica del país. Se deben calcular las estimaciones de error (es decir, desviaciones estándar, errores estándar, o rangos) para cada uno de los términos definidos por país empleados en una evaluación básica de incertidumbre.

Las incertidumbres en los datos sobre uso y gestión de la tierra serán determinadas por el compilador del inventario y, posteriormente, combinadas con las incertidumbres de los factores por defecto y las existencias de C de referencia empleando un método apropiado, como las ecuaciones simples de propagación de error. En cuanto a los métodos de Nivel 2, se incorpora la información específica del país al análisis del inventario a fin de reducir el sesgo. Constituye una *buena práctica* evaluar las dependencias entre factores, existencias de C de referencia o datos de la actividad de gestión o uso de la tierra. En particular, son comunes las fuertes dependencias en los datos de la actividad de uso y gestión del suelo porque las prácticas de gestión tienden a correlacionarse en el tiempo y el espacio. Se pueden combinar incertidumbres en los factores de cambio de existencias o de emisión, existencias de C de referencia y datos de la actividad empleando métodos como las ecuaciones simples de propagación de errores o procedimientos de Monte Carlo para estimar medias y

desviaciones estándar para los cambios en las existencias de C de la biomasa (Ogle *et al.*, 2003; Vanden Bygaart *et al.*, 2004).

Los modelos de Nivel 3 son más complejos y las simples ecuaciones de propagación de errores pueden no resultar eficaces para cuantificar la incertidumbre asociada de las estimaciones resultantes. Es posible realizar análisis de Monte Carlo (Smith y Heath, 2001), pero puede resultar dificultosa su aplicación si el modelo tiene muchos parámetros (algunos modelos pueden tener varios cientos de parámetros) porque se deben elaborar funciones conjuntas de distribución de probabilidades con las que se cuantifique la varianza, así como la covarianza, entre los parámetros. También se dispone de otros métodos, tales como los métodos de base empírica (Monte *et al.*, 1996), en los que se emplean mediciones de una red de monitorización para evaluar estadísticamente la relación existente entre los resultados medidos y los modelizados (Falloon y Smith, 2003). En contraste con la modelización, las incertidumbres de los inventarios en base a mediciones de Nivel 3 pueden estimarse a partir de la varianza de las muestras, de errores en la medición y de otras fuentes de incertidumbre pertinentes.

Incertidumbres del factor de expansión

Las estimaciones de la incertidumbre por defecto proporcionadas en el Cuadro 6.1 pueden utilizarse para la incertidumbre expresada para los factores de expansión de la biomasa subterránea. Las incertidumbres asociadas con los factores de expansión para el contenido de carbono de la biomasa leñosa y herbácea son relativamente pequeñas, y son del orden del 2 al 6 por ciento. Para las estimaciones de los Niveles 2 y 3, se utilizan los valores específicos del país o los derivados regionalmente. Estas existencias de C de referencia y factores de cambio de existencias pueden tener incertidumbres inherentes elevadas, particularmente sesgos, cuando se apliquen a países específicos. Los valores por defecto representan valores promedio del uso de la tierra y de los impactos de la gestión o de las existencias de C de referencia, que pueden diferenciarse de los valores específicos del sitio. Es una *buena práctica* que los países determinen las incertidumbres de sus factores por defecto para la biomasa aérea y subterránea.

Incertidumbres en los datos de la actividad

Los datos de superficie y las estimaciones de incertidumbre deben obtenerse empleando los métodos del Capítulo 3. Con los métodos de los Niveles 2 y 3 también se pueden emplear datos de la actividad de mayor resolución, como las estimaciones de superficie para distintas regiones climáticas o para los sistemas de gestión de pastizales dentro de las fronteras nacionales. Los datos de mayor resolución reducen los niveles de incertidumbre cuando se asocian con los factores de acumulación del carbono definidos por aquellas bases de datos de tierras de escala más precisa. Si se emplean estadísticas agregadas de superficies de uso de la tierra para los datos de la actividad (p. ej., datos de la FAO), puede que el organismo a cargo del inventario deba aplicar un nivel de incertidumbre por defecto para las estimaciones de la superficie territorial ($\pm 50\%$). No obstante, constituye una *buena práctica* que el compilador del inventario derive las incertidumbres de los datos de la actividad específicos del país en lugar de utilizar un nivel por defecto. Para los Niveles 2 y 3, utilizar datos de la actividad con mayor resolución (tales como las estimaciones de superficie para diferentes regiones climáticas o para sistemas de gestión de pastizales dentro de las fronteras nacionales) reduce los niveles de incertidumbre si todos los parámetros necesarios de acumulación/pérdida de carbono están apropiadamente estratificados. Las incertidumbres en las estadísticas de actividad de uso de la tierra pueden reducirse mediante un mejor sistema nacional como, por ejemplo, desarrollar o ampliar un sondeo basado en el terreno con un mayor número de puntos de muestreo y/o incorporar la detección remota para lograr una cobertura adicional. Es una *buena práctica* diseñar un sistema de clasificación que considere la mayor parte de la actividad de uso y gestión de la tierra con un tamaño de muestra suficientemente amplio para minimizar la incertidumbre a escala nacional.

6.2.2 Materia orgánica muerta

Los métodos para estimar los cambios en las existencias de carbono asociados con los depósitos de materia orgánica muerta (DOM) se proporcionan para dos tipos de depósitos de materia orgánica muerta: 1) madera muerta y 2) hojarasca. En el Capítulo 1 de este informe se encuentran definiciones detalladas de estos depósitos.

Los de madera muerta son depósitos diversos difíciles de medir en el campo y con incertidumbres asociadas respecto a las tasas de transferencia a hojarasca, suelo o emisiones a la atmósfera. Las cantidades de madera muerta dependen del momento en el que se produjo la última perturbación, de la cantidad de entrada (mortalidad) en el momento de la perturbación, de las tasas de mortalidad natural, de las tasas de descomposición y de la gestión.

La acumulación de hojarasca está en función de la cantidad anual de caída de hojarasca, que incluye todas las hojas, los brotes y las ramitas, frutas, flores y corteza, menos la tasa anual de descomposición de estas entradas. La masa de hojarasca también se ve influenciada por el tiempo transcurrido desde la última perturbación y por el

tipo de perturbación. Las prácticas de gestión también alteran las propiedades de la hojarasca, pero hay pocos estudios que documenten claramente los efectos de la gestión sobre el carbono de la hojarasca.

6.2.2.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

La estimación de los cambios en las existencias de carbono en DOM requiere una estimación de los cambios de las existencias de madera muerta y hojarasca (véase la Ecuación 2.17 del Capítulo 2). El árbol de decisiones de la Figura 1.2 del Capítulo 1 ayuda en la selección del nivel de método apropiado para la aplicación de los procedimientos de estimación.

Los depósitos de materia muerta y hojarasca se tratan por separado, pero el método para estimar los cambios en cada depósito es el mismo.

Nivel 1

En los métodos de Nivel 1, se supone que la materia muerta y los depósitos de hojarasca están en el equilibrio, de modo que no es necesario estimar los cambios en las existencias de carbono para estos depósitos. Por lo tanto, no se proporciona una hoja de cálculo para DOM en los *Pastizales que permanecen como tales*. Se alienta a los países que experimentan cambios significativos en los tipos de pastizales, perturbaciones o regímenes de gestión en sus pastizales a que desarrollen información nacional para cuantificar este impacto y declararlo según las metodologías de los Niveles 2 o 3.

Niveles 2 y 3

Los Niveles 2 y 3 permiten calcular los cambios en las existencias de carbono en madera muerta y hojarasca debidos a prácticas de gestión. Se sugieren dos métodos para la estimación de los cambios en las existencias de carbono en DOM.

Método de ganancias y pérdidas (Ecuación 2.18 del Capítulo 2): Este método implica estimar la superficie de categorías de gestión de pastizales y el promedio anual de transferencia hacia y desde las existencias de madera muerta y hojarasca. Esto requiere: (i) una estimación de la superficie bajo *Pastizales que permanecen como tales* según los diferentes tipos de clima, zonas ecológicas o tipos de pastizales, régimen de perturbación, régimen de gestión u otros factores que afecten significativamente los depósitos de carbono en madera muerta y hojarasca; (ii) la cantidad de biomasa transferida hacia y desde las existencias de madera muerta y hojarasca, y (iii) la cantidad de biomasa transferida de las existencias de madera muerta y hojarasca por hectárea y según los diferentes tipos de pastizales.

Método de diferencia de existencias (véase la Ecuación 2.19 del Capítulo 2): Este método implica estimar la superficie de pastizales y las existencias de madera muerta y hojarasca en dos momentos dados, t_1 y t_2 . Los cambios ocurridos en las existencias de madera muerta y hojarasca en el año de inventario se calculan dividiendo los cambios en las existencias por el período (años) transcurrido entre dos mediciones. El método de diferencia de existencias se puede aplicar en los países en los que se realizan inventarios periódicos de los pastizales. Este método puede no ser muy apropiado en las regiones con climas muy variables y puede producir resultados espurios, a menos que se lleven a cabo inventarios anuales. Este método es más apropiado para los países que adoptan los métodos de Nivel 3. Los métodos de Nivel 3 se emplean en los países que cuentan con factores de emisión específicos del país y con datos considerables a nivel nacional. La metodología definida para el país puede basarse en inventarios detallados de parcelas de muestreo permanente de sus tierras de cultivo y/o en modelos.

6.2.2.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN/ABSORCIÓN

Fracción de carbono: la fracción de carbono de la madera muerta y la hojarasca es variable y depende de la etapa de descomposición. La madera es mucho menos variable que la hojarasca y se puede utilizar un valor de 0,5 ton C (ton d.m.)⁻¹ para la fracción de carbono. Los valores de fracción de carbono para la hojarasca en los pastizales varían entre 0,05 y 0,50 (Naeth *et al.*, 1991; Kauffman *et al.*, 1997). Si no hay datos disponibles específicos del país o del ecosistema, se sugiere que se utilice un valor de fracción de carbono de 0,40.

Nivel 1

No es necesario estimar los factores de emisión/absorción, puesto que en el Nivel 1 se supone que las existencias de carbono en DOM son estables en todos los *Pastizales que permanecen como tales*.

Nivel 2

Es una *buena práctica* utilizar datos DOM de nivel nacional para diferentes categorías de pastizales, en combinación con valores por defecto, si no se dispone de valores nacionales o regionales respecto a algunas categorías de pastizal. Los valores específicos del país de transferencia de carbono de árboles vivos y hierbas a residuos de cosecha y las tasas de descomposición, en el caso del Método de ganancias y pérdidas o el cambio

neto en los depósitos de DOM, en el caso del Método de diferencia de existencias, se pueden derivar de los factores de expansión nacionales, teniendo en cuenta el tipo de pastizal, la tasa de utilización de la biomasa, las prácticas de cosecha, y la cantidad de vegetación deteriorada durante las operaciones de cosecha. Los valores específicos del país en cuanto a regímenes de perturbaciones deben derivarse de estudios científicos.

Nivel 3

En cuanto al Nivel 3, los países deberán desarrollar sus propias metodologías y los factores de emisión necesarios para estimar los cambios en la DOM. Estas metodologías pueden derivarse de los dos métodos especificados precedentemente, o pueden basarse en otros métodos. El método utilizado debe documentarse claramente.

Las estimaciones de carbono en DOM desagregado a nivel nacional deben determinarse como parte del inventario nacional de pastizales, de modelos de nivel nacional o de un programa de inventarios específico de gases de efecto invernadero, con muestreos periódicos según los principios establecidos en el Capítulo 3, Anexo 3A.3. Los datos del inventario pueden acompañarse de estudios de modelización para capturar la dinámica de todos los depósitos de carbono de los pastizales.

Los métodos del Nivel 3 permiten obtener estimaciones con mayor certidumbre que los métodos inferiores y se caracterizan por una mejor relación entre los distintos depósitos de carbono. Algunos países han desarrollado matrices de perturbación (véase el Cuadro 2.1 del Capítulo 2) que dan como resultado una pauta de re-atribución de carbono entre los distintos depósitos para cada tipo de perturbación. Otros parámetros importantes en la modelización del balance de carbono en DOM son las tasas de descomposición, que pueden variar según el tipo de madera y las condiciones del microclima, y los procedimientos de preparación de la tierra (p. ej., corta y quema controladas, o quema de pilas).

6.2.2.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Los datos de la actividad consisten en las superficies de los *Pastizales que permanecen como tales* resumidas según principales tipos de pastizales, prácticas de gestión y regímenes de perturbaciones. El total de la superficie de Tierras forestales debe ser coherente con lo declarado en otras secciones de este capítulo y, en particular, en la sección de biomasa de *Pastizales que permanecen como tales*. La evaluación de los cambios en la materia orgánica muerta se facilita considerablemente si se puede utilizar esta información conjuntamente con los datos nacionales sobre suelos y clima, inventarios de vegetación y otros datos geofísicos. Las estimaciones de superficie deben obtenerse empleando los métodos descritos en el Capítulo 3.

6.2.2.4 PASOS DE CÁLCULO PARA LOS NIVELES 1 Y 2

A continuación, se resumen los pasos para estimar cambios en las existencias de carbono en DOM:

Nivel 1

Una vez que se decide efectuar la declaración de esta categoría aplicando un método de Nivel 1, no es necesario realizar ningún trabajo posterior, puesto que se supone que el ecosistema se encuentra en régimen constante, donde no se espera que se produzcan cambios en las existencias de carbono de la madera muerta o la hojarasca.

Método 2 (Método de ganancias y pérdidas) – Ecuación 2.18 del Capítulo 2

Cada uno de los depósitos de DOM (madera muerta y hojarasca) debe tratarse por separado, pero el método para cada depósito es el mismo.

Paso 1: determinar las categorías de pastizales a utilizar en esta evaluación y la superficie representativa.

Paso 2: determinar las tasas de entrada y salida de la madera muerta y hojarasca de los respectivos depósitos. Identificar los valores, a partir de inventarios o estudios científicos, de las entradas y salidas promedio de madera muerta u hojarasca para cada categoría. No existen factores por defecto para las entradas y salidas de estos depósitos, de modo que los países deben utilizar los datos disponibles localmente. Calcular el cambio neto de los depósitos de DOM restando las salidas de las entradas. Los valores negativos indican una disminución neta de las existencias.

Paso 3: determinar el cambio neto en las existencias de DOM para cada categoría restando las salidas de las entradas. Convertir el cambio neto de las existencias de biomasa DOM para cada categoría multiplicando por la fracción de carbono. Las fracciones de carbono por defecto son de 0,50 ton C (ton d.m.)⁻¹ para madera muerta y de 0,40 ton C (ton d.m.)⁻¹ para hojarasca. Un método de Nivel 2 requiere factores de tasa de cambio de existencias específicos del país o del ecosistema.

Paso 4: estimar el cambio total de los depósitos de carbono en DOM para cada categoría multiplicando la superficie representativa de cada categoría por el cambio neto de las existencias de carbono en DOM para esa categoría.

Paso 5: estimar el cambio en total de las existencias de carbono en la madera muerta mediante la suma de los cambios totales en DOM de todas las categorías.

Método 2 (Método de diferencia de existencias) – Ecuación 2.19 del Capítulo 2

Cada uno de los depósitos de DOM debe tratarse por separado, pero el método para cada depósito es el mismo.

Paso 1: determinar las categorías de pastizales a utilizar en esta evaluación y la superficie representativa.

Paso 2: determinar el cambio neto en las existencias de DOM para cada categoría. A partir de los datos de inventario, identificar el intervalo entre inventarios, las existencias promedio de DOM del inventario inicial (t_1) y del inventario final (t_2). Utilizar estos valores para estimar el cambio anual neto de las existencias de DOM, restando las existencias de DOM en t_1 de las existencias de DOM en t_2 y dividiendo la diferencia por el intervalo temporal (Ecuación 2.19). Un valor negativo indica una disminución de las existencias de DOM.

Paso 3: determinar el cambio neto en las existencias de carbono en DOM para cada categoría. Determinar el cambio neto de las existencias de carbono en DOM multiplicando el cambio neto de las existencias de DOM para cada categoría por la fracción de carbono de DOM. Un método de Nivel 2 requiere factores de expansión específicos del país o del ecosistema.

Pasos 4 y 5: Los mismos que para el Método de ganancias y pérdidas.

6.2.2.5 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Esta sección considera las incertidumbres específicas de la fuente pertinentes para las estimaciones de la DOM hechas en los *Pastizales que permanecen como tales*. En los inventarios de C existen dos fuentes de incertidumbre: 1) incertidumbres en los datos de la actividad de uso y gestión de la tierra y del medio ambiente; 2) incertidumbres en el incremento y la pérdida del carbono, las existencias de carbono y los términos de los factores de expansión en los factores de cambio/emisión de existencias para los métodos de Nivel 2, error en la estructura/los parámetros del modelo para los métodos basados en el modelo de Nivel 3, o errores de medición/variabilidad en el muestreo relacionados con los inventarios basados en las mediciones de Nivel 3. Por lo general, la precisión de un inventario se incrementa y los intervalos de confianza son más estrechos cuando hay más intensidad de muestreo para estimar los valores para cada categoría, mientras que es más factible que se reduzca el sesgo (es decir, que se mejore la exactitud) a través del desarrollo de un inventario de Nivel superior que incluya información específica del país. Se deben calcular las estimaciones de error (es decir, desviaciones estándar, errores estándar, o rangos) para cada uno de los términos definidos por país empleados en una evaluación básica de incertidumbre.

Las incertidumbres en los datos sobre uso y gestión de la tierra deben ser determinadas por el compilador del inventario y, posteriormente, combinadas con las incertidumbres de los factores por defecto y las existencias de C de referencia empleando un método apropiado, como las ecuaciones simples de propagación de error. En cuanto a los métodos de Nivel 2, se incorpora la información específica del país al análisis del inventario a fin de reducir el sesgo. Constituye una *buena práctica* evaluar las dependencias entre factores, existencias de C de referencia o datos de la actividad de gestión y uso de la tierra. En particular, son comunes las fuertes dependencias en los datos de la actividad de uso y gestión del suelo porque las prácticas de gestión tienden a correlacionarse en el tiempo y el espacio. Se pueden combinar incertidumbres en los factores de cambio de existencias o de emisión, existencias de C de referencia y datos de la actividad empleando métodos como las simples ecuaciones de propagación de errores o procedimientos de Monte Carlo para estimar las medias y las desviaciones estándar para los cambios en las existencias de la DOM (Ogle *et al.*, 2003; Vanden Bygaart *et al.*, 2004).

Los modelos de Nivel 3 son más complejos y las simples ecuaciones de propagación de errores pueden no resultar eficaces para cuantificar la incertidumbre asociada de las estimaciones resultantes. Es posible realizar análisis de Monte Carlos (Smith y Heath, 2001), pero puede resultar dificultosa su aplicación si el modelo tiene muchos parámetros (algunos modelos pueden tener varios cientos de parámetros) porque se deben elaborar funciones conjuntas de distribución de probabilidades con las que se cuantifique la varianza, así como la covarianza, entre los parámetros. También se dispone de otros métodos, tales como los métodos de base empírica (Monte *et al.*, 1996), en los que se emplean mediciones de una red de monitorización para evaluar estadísticamente la relación existente entre los resultados medidos y los modelizados (Falloon y Smith, 2003). En contraste con la modelización, las incertidumbres de los inventarios en base a mediciones de Nivel 3 pueden estimarse directamente a partir de la varianza de las muestras, de errores en la medición y de otras fuentes de incertidumbre pertinentes.

Incertidumbres del factor de emisión/absorción

No es necesario realizar un análisis de incertidumbre para el Nivel 1, puesto que se supone por defecto que no hay cambios en las existencias de carbono de la DOM. Para las estimaciones de los Niveles 2 y 3, se utilizarán los valores específicos del país o los derivados regionalmente. Estas existencias de C de referencia y factores de cambio de existencias pueden tener incertidumbres inherentes elevadas, particularmente sesgos, cuando se apliquen a países específicos. Los valores por defecto representan valores promedio del uso de la tierra y de los impactos de la gestión o de las existencias de C de referencia que pueden diferenciarse de los valores específicos del sitio. Es una *buena práctica* que los países determinen las incertidumbres de sus factores por defecto para la madera muerta y la hojarasca.

Incertidumbres en los datos de la actividad

Los datos de la superficie y las estimaciones de la incertidumbre deben obtenerse utilizando los métodos expuestos en el Capítulo 3. Si se utilizan estadísticas agregadas de la superficie de uso de la tierra para los datos de la actividad (p. ej., datos de la FAO), el organismo a cargo del inventario puede tener que aplicar un nivel por defecto de incertidumbre para las estimaciones de la superficie de la tierra ($\pm 50\%$). No obstante, constituye una *buena práctica* para el compilador del inventario derivar las incertidumbres de datos de la actividad específicos del país en lugar de utilizar un nivel por defecto. Para los Niveles 2 y 3, utilizar datos de la actividad con mayor resolución (tales como las estimaciones de superficie para diferentes regiones climáticas o para sistemas de gestión de pastizales dentro de las fronteras nacionales) reduce los niveles de incertidumbre si todos los parámetros necesarios de acumulación/pérdida de carbono están apropiadamente estratificados. Las incertidumbres en las estadísticas de actividad de uso de la tierra pueden reducirse mediante un mejor sistema nacional como, por ejemplo, desarrollando o ampliando un sondeo basado en el terreno con un mayor número de puntos de muestreo y/o incorporando la detección remota para lograr una cobertura adicional. Es una *buena práctica* diseñar un sistema de clasificación que considere la mayor parte de la actividad en uso y gestión del suelo con un tamaño de muestra suficientemente amplio para minimizar la incertidumbre a escala nacional.

6.2.3 Carbono del suelo

Esta sección trata del impacto de la gestión de los pastizales en las existencias del C orgánico del suelo, principalmente debido a la influencia en las entradas de C en el suelo, y por lo tanto en la reserva de C del suelo, al afectar la producción primaria neta, la renovación de raíces, y el reparto de C entre las raíces y los tallos. Las existencias de C en el suelo de los pastizales están influenciadas por el fuego, la intensidad de pastoreo, la gestión de los fertilizantes, el encalado, el riego, el re-sembro de especies de hierba más o menos productivas y césped mezcladas con legumbres que fijen N (Conant *et al.*, 2001; Follett *et al.*, 2001; Ogle *et al.*, 2004). Además, el drenaje de suelos orgánicos para la gestión de pastizales provoca pérdidas del C orgánico del suelo (Armentano y Menges, 1986).

Se suministran información general y orientación sobre cómo estimar cambios en las existencias de C del suelo en la Sección 2.3.3 del Capítulo 2 (incluyendo ecuaciones) y esa sección debe leerse antes de continuar el análisis de las directrices específicas referidas a las existencias de C del suelo en pastizales. Los cambios totales de las existencias de C del suelo en pastizales se calculan utilizando la Ecuación 2.24 (Capítulo 2), en la que se combinan los cambios en las existencias de C orgánico del suelo para suelos minerales y orgánicos, con los cambios en las existencias de los depósitos de C inorgánico del suelo (si se estima en el Nivel 3). En esta sección se brinda orientación específica para estimar las existencias de C orgánico del suelo. Hay un análisis general en la Sección 2.3.3.1 sobre el C inorgánico del suelo y aquí no se brinda información adicional sobre este tema.

A fin de contabilizar los cambios en las existencias de C del suelo relacionados con *Pastizales que permanecen como tales*, los países deben contar, como mínimo, con estimaciones de la superficie de los pastizales al comienzo y al final del período de inventario. Si los datos sobre uso y gestión de la tierra son limitados, se pueden emplear datos agregados, como las estadísticas de la FAO sobre pastizales, como punto de partida, así como conocimiento experto sobre la distribución aproximada de los sistemas de gestión de la tierra (p. ej., sistemas de pastoreo/pastizal degradado, nominal y mejorado). Las clases de gestión de los pastizales deben estratificarse según las regiones climáticas y los principales tipos de suelos, lo que puede basarse en clasificaciones por defecto o específicas del país. Esto se puede lograr con superposiciones de uso de la tierra sobre mapas climáticos y de suelos apropiados.

6.2.3.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

Los inventarios pueden desarrollarse empleando métodos de Niveles 1, 2 o 3, en los que cada uno de los sucesivos Niveles requiere más detalles y recursos que el anterior. También es posible que haya países que utilicen diferentes niveles para preparar las estimaciones de cada subcategoría en particular de C del suelo (es

decir, cambios en las existencias de C orgánico en suelos minerales y orgánicos; y cambios de existencias relacionados con depósitos de C inorgánico en el suelo). En la Sección 2.3.3.1 del Capítulo 2, se proporcionan árboles de decisión para suelos minerales (Figura 2.4) y para suelos orgánicos (Figura 2.5) a fin de asistir a los compiladores del inventario en la selección del nivel adecuado para su inventario de C del suelo.

Suelos minerales

Nivel 1

Para los suelos minerales, el método de estimación se basa en los cambios en las existencias del C orgánico del suelo en un periodo de tiempo finito a consecuencia de cambios en la gestión que tienen su impacto sobre la reserva de C orgánico del suelo. Después de un periodo de transición finito, se puede suponer un régimen constante para estas existencias. Se utiliza la Ecuación 2.25 (Capítulo 2) para estimar los cambios en las existencias de C orgánico del suelo en suelos minerales, restando las existencias de C del año pasado de un periodo de inventario (SOC_0) de las existencias de C al comienzo del periodo de inventario ($SOC_{(0 - T)}$) y dividiendo por la dependencia temporal de los factores de cambio de existencias (D). Nótese que las superficies de roca firme en los pastizales no se incluyen en el cálculo de las existencias de C del suelo (se supone una existencia 0). En la práctica, se deben conseguir datos específicos del país de la actividad y gestión de los pastizales y clasificarlos por sistemas de gestión de la tierra apropiados, y luego estratificados por las regiones climáticas y tipos de suelo del IPCC. Las existencias de C orgánico del suelo (SOC) se estiman para cada intervalo temporal del inventario empleando existencias de carbono de referencia por defecto (SOC_{ref}) y factores de cambio de existencias por defecto (F_{LU} , F_{MG} , F_I).

Nivel 2

En el método de Nivel 2 para suelos minerales también se utiliza la Ecuación 2.25 (Capítulo 2), pero el método de inventario se desarrolla posteriormente con la información específica del país para especificar mejor los factores de cambio de existencias, las existencias de C de referencia, las regiones climáticas, los tipos de suelos, y/o el sistema de clasificación de gestión de la tierra.

Nivel 3

En los métodos de Nivel 3, no se emplea el factor de cambio de existencias simple *per se*, sino modelos dinámicos y/o mediciones detalladas del inventario de C en el suelo, como bases para estimar los cambios en las existencias anuales.

Las estimaciones de los cambios en las existencias a través de métodos basados en modelos se calculan a partir de las ecuaciones acopladas que estiman el cambio neto de las existencias de carbono del suelo. Existe una amplia variedad de modelos diseñados para simular la dinámica del carbono del suelo (por ejemplo, véanse las revisiones de McGill *et al.*, 1996; Smith *et al.*, 1997). Los criterios clave para seleccionar un modelo apropiado incluyen su capacidad para representar todas las prácticas y todos los sistemas de gestión pertinentes que correspondan a pastizales; las entradas del modelo (es decir, variables motrices) son compatibles con la disponibilidad de datos de entrada de todo el país, y el modelo representa suficientemente los cambios en las existencias basados en las comparaciones con los datos experimentales.

Se puede desarrollar un método de Nivel 3 utilizando un enfoque basado en mediciones en el que se muestrea periódicamente una red de monitorización para estimar los cambios en las existencias de C orgánico del suelo. En contraste con una red asociada con la validación del modelo, resulta necesaria una densidad mucho mayor de sitios de comparación para representar adecuadamente la combinación de sistemas de uso y gestión de la tierra, clima y tipos de suelos. Se suministra orientación adicional en la Sección 2.3.3.1 del Capítulo 2.

Suelos orgánicos

Nivel 1

Se utiliza la Ecuación 2.26 (Capítulo 2) para estimar los cambios en las existencias de C en suelos orgánicos de pastizales gestionados (p. ej., derivadas de turba, Histosoles). La metodología consiste en estratificar los suelos orgánicos gestionados por región climática y asignar una tasa de emisión anual específica por clima. Las superficies de tierra se multiplican por el factor de emisión y, posteriormente, se suman para derivar las emisiones de C anuales. Los pastizales naturales que pueden utilizarse para el pastoreo estacional pero que no han sido drenados artificialmente no deben incluirse en esta categoría.

Nivel 2

El método de Nivel 2 también utiliza la Ecuación 2.26 (Capítulo 2), pero se incorpora información específica del país para especificar mejor los factores de emisión, las regiones climáticas, y/o el sistema de clasificación de gestión de la tierra.

Nivel 3

En los métodos de Nivel 3 para suelos orgánicos se utilizan modelos dinámicos y/o redes de medición (véase la sección *Suelos Minerales* anterior para ver un análisis adicional de los suelos minerales).

6.2.3.2 ELECCIÓN DEL FACTOR DE CAMBIO DE EXISTENCIAS Y DE EMISIÓN

Suelos minerales

Nivel 1

En el Cuadro 6.2 se proporcionan los factores de cambio de existencias por defecto para el método de Nivel 1, el cual incluye los valores para el uso de la tierra (F_{LU}), el factor de entrada (F_I), y el factor de gestión (F_{MG}). El método y los estudios utilizados para derivar los factores por defecto de cambio de existencias se proporcionan en el Anexo 6A.1. La dependencia en el tiempo (D) es de 20 años para los factores de cambio de existencias por defecto en los pastizales, y representa la influencia de la gestión a una profundidad de 30 cm. Las existencias de C orgánico del suelo de referencia por defecto se encuentran en el Cuadro 2.3 del Capítulo 2. Las estimaciones de las existencias de referencia son para los 30 cm superiores del perfil del suelo, para que sea coherente con el incremento de profundidad para los factores de cambio de existencias por defecto.

Nivel 2

La estimación de los factores de cambio de existencias específicos del país es un importante avance para mejorar un inventario que puede desarrollarse con un método de Nivel 2. Las derivaciones del factor de gestión (F_{MG}) y del factor de entrada (F_I) se basan en comparaciones experimentales con pastizales gestionados nominalmente y con aportes medios, porque se considera que estas clases son prácticas nominales en el esquema de clasificación por defecto del IPCC para sistemas de gestión (véase Elección de los datos de la actividad). Es una *buena práctica* derivar valores para esquemas más detallados de clasificación de gestión, clima y tipos de suelo, si hay diferencias significativas en los factores de cambio de existencias entre categorías más exactas, sobre la base de un análisis empírico. En un método de Nivel 2, las existencias de C de referencia también se derivan de los datos específicos del país. Se suministra orientación adicional en la Sección 2.3.3.1 del Capítulo 2.

Nivel 3

Es menos factible que los factores constantes de tasa de cambio de existencias *per se* se estimen a favor de tasas variables que reproduzcan con más exactitud los efectos del uso y la gestión de la tierra. Para un análisis más pormenorizado, véase la Sección 2.3.3.1 (Capítulo 2).

CUADRO 6.2 FACTORES RELATIVOS DE CAMBIO DE EXISTENCIAS PARA LA GESTIÓN DE LOS PASTIZALES					
Factor	Nivel	Régimen climático	Valor por defecto	Error ^{1,2}	Definición
Uso de la tierra (F _{LU})	Todas	Todas	1,0	ND	A todos los pastizales permanentes se les asigna un factor de uso de la tierra de 1.
Gestión (F _{MG})	Gestionado nominalmente (no degradado)	Todas	1,0	ND	Representa al pastizal no degradado y gestionado sosteniblemente, pero sin mejoras significativas en la gestión.
Gestión (F _{MG})	Pastizal moderadamente degradado	Templado / boreal	0,95	± 13%	Representa al pastizal con pastoreo excesivo o moderadamente degradado, con la productividad reducida de algún modo (relativo al pastizal nativo o gestionado nominalmente) y que no recibe entradas de gestión.
		Tropical	0,97	± 11%	
		Tropical montano ⁴	0,96	± 40%	
Gestión (F _{MG})	Severamente degradados	Todas	0,7	± 40%	Implica una pérdida importante a largo plazo de la productividad y de la cobertura vegetal, debida al deterioro mecánico severo de la vegetación y/o a la erosión severa de suelo.
Gestión (F _{MG})	Pastizal mejorado	Templado / boreal	1,14	± 11%	Representa al pastizal gestionando sosteniblemente, con pastoreo moderado y que recibe al menos una mejora (p. ej., fertilización, mejora de especies o riego).
		Tropical	1,17	± 9%	
		Tropical montano ⁴	1,16	± 40%	
Entradas (aplicadas sólo al pastizal)	Medio	Todas	1,0	ND	Se aplica al pastizal mejorado donde no se han utilizado entradas adicionales de gestión.
Entradas (aplicadas sólo al pastizal mejorado) (F ₁)	Alto	Todas	1,11	± 7%	Se aplica al pastizal mejorado en el que se han utilizado una o más entradas/mejoras de gestión adicionales (más de lo que se necesita para ser clasificado como pastizal mejorado).
¹ ± dos desviaciones estándar, expresadas como porcentaje de la media; cuando no se disponga de suficientes estudios para realizar un análisis estadístico para derivar un valor por defecto, se supone un ±40% de error sobre la base de la opinión de expertos. NA significa «No Aplicable» para los valores del factor que constituyen los valores de referencia o prácticas nominales para las entradas o clases de gestión. ² Este rango de errores no incluye el potencial error sistemático debido a tamaños pequeños de muestras que pueden no ser representativos del verdadero impacto para todas las regiones del mundo. ³ No había suficientes estudios como para estimar los factores de cambio de existencias para los suelos minerales en la región climática tropical montana. Como aproximación, se utilizaron los cambios de existencias promedio entre las regiones templada y tropical para efectuar un cálculo aproximado de los cambios de existencias en el clima tropical montano. Nota: Véase el Anexo 6A.1 para una estimación de los factores de cambio de existencias por defecto para las emisiones/absorciones de C en suelos minerales de pastizales.					

Suelos orgánicos

Nivel 1

Para el método de Nivel 1, se proporcionan en el Cuadro 6.3, los factores de emisión por defecto para la estimación de la pérdida de C relacionada con el drenaje de suelos orgánicos.

Nivel 2

En un enfoque de Nivel 2, los factores de emisión se derivan de datos experimentales específicos del país. Es una *buena práctica* que los factores de emisión se deriven para categorías específicas de gestión de la tierra de pastizales en suelos orgánicos y/o mediante una clasificación más pormenorizada de regiones climáticas, suponiendo que las nuevas categorías capturan diferencias significativas en tasas de pérdida de C. Se presenta un mayor análisis en la Sección 2.3.3.1 del Capítulo 2.

Nivel 3

Es menos factible que los factores constantes de tasa de emisión *per se* se estimen a favor de tasas variables que reproduzcan con más exactitud los efectos del uso y la gestión de la tierra. Para un análisis más pormenorizado, véase la Sección 2.3.3.1 (Capítulo 2).

CUADRO 6.3 FACTORES DE EMISIÓN (EF) ANUALES PARA SUELOS ORGÁNICOS DRENADOS DE PASTIZALES		
Régimen climático de temperatura	Valor por defecto del IPCC (ton C há⁻¹ año⁻¹)	Error ¹
Boreal/Templado frío	0,25	± 90%
Templado cálido	2,5	± 90%
Tropicales/Subtropicales	5,0	± 90%
¹ Representa una estimación nominal del error, equivalente a dos veces la desviación estándar, como porcentaje de la media. Estos valores representan un cuarto de la pérdida de las tierras de cultivo drenadas (véase el Cuadro 5.6 del Capítulo 5), que es aproximadamente la pérdida proporcional de C en el pastizal drenado relativa a las tierras de cultivo, según los datos presentados en Armentano y Menges (1986). Estos valores tienen un grado de incertidumbre como se refleja en la columna del error.		

6.2.3.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Suelos minerales

Nivel 1

Los sistemas de pastizales se clasifican según las prácticas que influyen sobre la permanencia del C en el suelo. En general, a las prácticas que se sabe que incrementan la entrada de C en el suelo y, por lo tanto, las existencias del C orgánico del suelo, tales como el riego, la fertilización, el encalado, los abonos orgánicos o las variedades de hierba más productivas, se les da la categoría de mejoradas, con entradas medias o altas según el nivel de mejora. A las prácticas que disminuyen la entrada de C y la reserva del C orgánico del suelo, tales como el pastoreo intensivo a largo plazo, se les da la categoría de degradadas, en relación con las tierras de pastura sembradas y gestionadas nominalmente o los pastizales nativos que no están mejorados ni degradados. Estas prácticas se utilizan para categorizar los sistemas de gestión y para, posteriormente, estimar los cambios en las existencias de C en el suelo orgánico. En la Figura 6.1, se proporciona un sistema de clasificación que es la base para un inventario de Nivel 1. Los compiladores del inventario deben utilizar esta clasificación para categorizar los sistemas de gestión de manera coherente con los factores de cambio de existencias por defecto del Nivel 1. Esta clasificación puede desarrollarse aun más para los métodos de los Niveles 2 y 3.

Los principales tipos de datos de la actividad del uso de la tierra incluyen: i) estadísticas agregadas (Método 1), ii) datos con información explícita sobre conversiones en el uso de la tierra pero sin referencias geográficas específicas (Método 2), o iii) datos con información explícita sobre conversiones de uso de la tierra y referencias geográficas explícitas (Método 3), como inventarios de uso y gestión de la tierra basados en puntos que constituyan una muestra de base estadística de la superficie territorial de un país. (véase el Capítulo 3 para un análisis de estos Métodos). Como mínimo, las estadísticas de que se dispone a nivel mundial sobre uso de la tierra, como las bases de datos de la FAO (http://www.fao.org/waicent/portal/glossary_en.asp), ofrecen compilaciones anuales de toda la superficie territorial según los principales tipos de usos de la tierra. Esto constituye un ejemplo de datos agregados (Método 1).

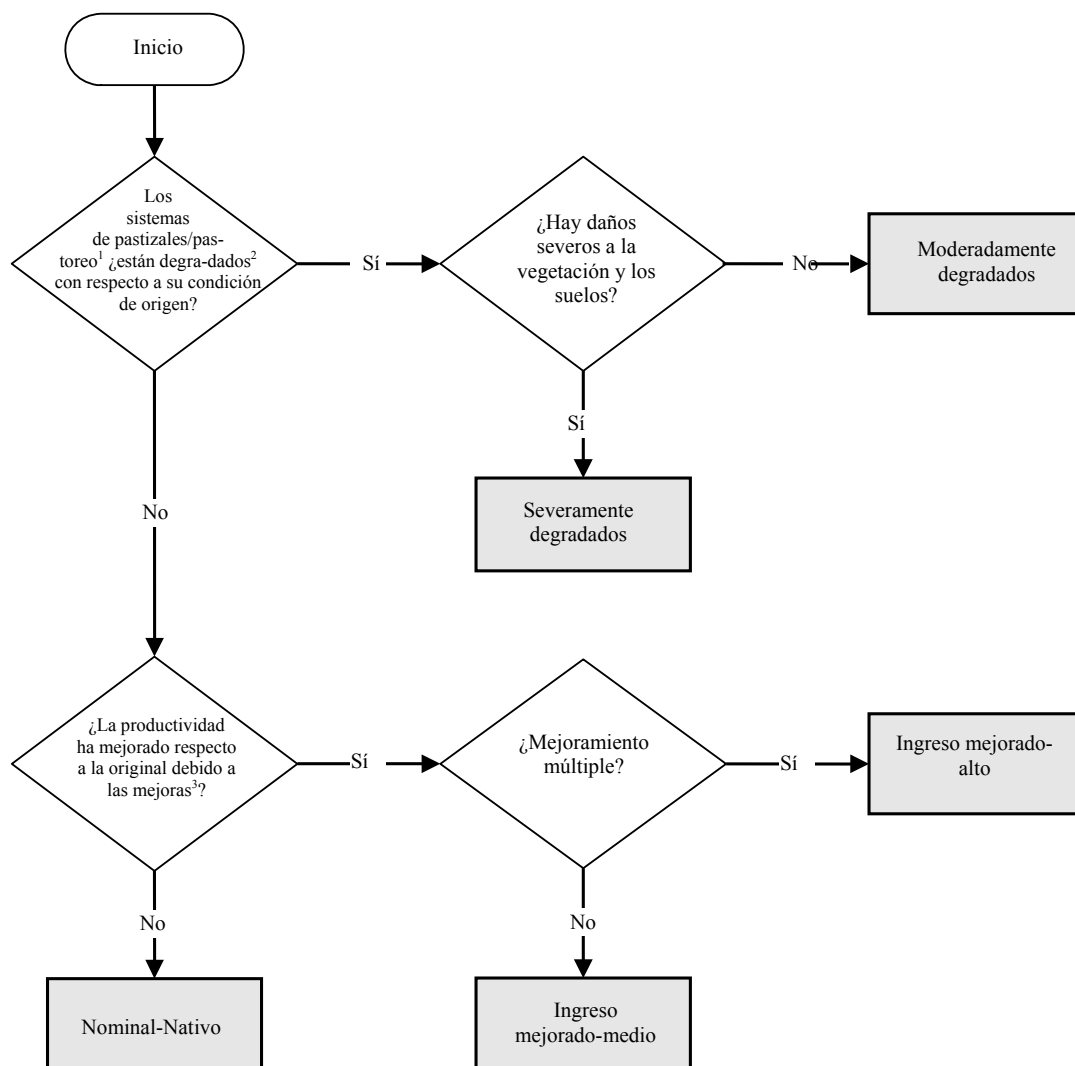
Los datos de la actividad de gestión complementan los de uso de la tierra y brindan información para clasificar los sistemas de gestión, tales como las tasas de existencias, el uso de fertilizantes, la irrigación, etc. Estos datos también pueden ser estadísticas agregadas (Método 1) o brindar información sobre cambios de gestión explícitos (Método 2 o 3). Cuando resulte posible, es una *buena práctica* asignar a las superficies de pastizales las actividades generales de gestión apropiadas (esto es, degradada, nativa o mejorada) o las actividades de gestión específicas (p. ej., fertilización o intensidad de pastoreo). Los mapas de degradación del suelo pueden ser una fuente de información útil para la estratificación de los pastizales, según la gestión (p. ej., Conant y Paustian, 2002; McKeon *et al.*, 2004). El conocimiento experto es otra fuente de información para las prácticas de gestión. Es una *buena práctica* solicitar conocimiento experto, donde sea apropiado, empleando los métodos provistos en el Volumen 1, Capítulo 2 (Anexo 2A.1, Protocolo para solicitud del dictamen de expertos).

Los inventarios nacionales de uso de la tierra y recursos, basados en repetidos sondeos de las mismas zonas, constituyen datos de la actividad recabados mediante los Métodos 2 o 3, y tienen ciertas ventajas sobre las estadísticas agregadas de uso de la tierra y gestión de pastizales (Método 1). Los datos de series temporales pueden asociarse más fácilmente con un sistema de gestión de pastizales en particular y el tipo de suelo asociado con un lugar en particular se puede determinar mediante muestreo o buscando referencias del lugar en un mapa de suelos apropiado. Los puntos del inventario que se seleccionan sobre la base de un diseño estadístico apropiado también permiten lograr estimaciones de la variabilidad asociada con los datos de la actividad, lo que

puede emplearse como parte de un análisis formal de la incertidumbre. Un ejemplo de un sondeo realizado usando el Método 3 es el Inventario de Recursos Naturales de los Estados Unidos (Nusser y Goebel, 1997).

Figura 6.1

Esquema de clasificación para sistemas de pastizales/pastoreo. A fin de clasificar los sistemas de gestión de los pastizales, el compilador del inventario deberá comenzar por la parte superior e ir siguiendo el diagrama respondiendo a las preguntas (moviéndose por las ramas si la respuesta es afirmativa) hasta llegar a un punto terminal del diagrama. El diagrama de clasificación es coherente con los factores de cambio de existencias por defecto del Cuadro 6.2.



Nota:

1: Incluye pasturas continuas, cultivo de heno y tierras de pastoreo.

2: La degradación se equipara con el ingreso de C al suelo respecto a las condiciones de origen, lo que puede estar provocado por pastoreo intensivo de largo plazo o por plantación de especies menos productivas que las de la vegetación original.

3: La productividad se refiere explícitamente a la entrada de C al suelo (mejoras en la gestión que incrementan la entrada; p. ej., fertilización, abono orgánico, irrigación, plantación de variedades más productivas, encalado, y siembra de legumbres).

Los datos de la actividad requieren información adicional del país a fin de estratificar las zonas por clima y por tipo de suelo. Si esta información aún no se ha compilado, un método inicial sería superponer mapas disponibles de cobertura/uso de la tierra (de origen nacional o de conjuntos de datos mundiales como el IGBP DIS) con mapas de suelo y clima de origen nacional o de fuentes internacionales, como los Mapas del Suelos del Mundo de la FAO y datos climáticos del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. En el Anexo 3A.5 del Capítulo 3 se ofrece una descripción detallada de los esquemas de clasificación de clima y suelos por defecto. La clasificación de los suelos se basa en su descripción taxonómica y en datos de textura, mientras que la de las regiones climáticas se basa en los valores medios anuales de temperatura y precipitaciones, elevación, heladas, y potencial evapotranspiración.

Nivel 2

Es factible que los métodos de Nivel 2 incluyan una estratificación más detallada de los sistemas de gestión que los del Nivel 1 (Figura 6.1) si se dispone de suficientes datos. Esto puede incluir más subdivisiones de los sistemas de pastizales (es decir, moderadamente degradados, severamente degradados, nominal y mejorados) y de las clases de entradas (entrada media y alta). Es una *buena práctica* subdividir aun más las clases sobre la base de datos empíricos que demuestren diferencias significativas en la permanencia de C orgánico en el suelo entre las categorías propuestas. Además, los métodos de Nivel 2 pueden incluir una estratificación más refinada de las regiones climáticas y los tipos de suelos.

Nivel 3

Para la aplicación de modelos dinámicos y/o de un inventario basado en mediciones directas en el Nivel 3, se requieren datos similares o más detallados de las combinaciones de datos climáticos, de suelos, topográficos y de gestión, en comparación con los métodos de los Niveles 1 y 2, aunque los requisitos exactos dependen del diseño del modelo o de la medición.

Suelos orgánicos

Nivel 1

En contraposición con el método para suelos minerales, los pastizales en suelos orgánicos no se clasifican por sistemas de gestión, bajo la hipótesis de que el drenaje estimula la oxidación de la materia orgánica en aproximadamente la misma tasa después de la exposición a condiciones aeróbicas, independientemente del sistema de gestión. No obstante, a fin de aplicar el método descrito en la Sección 2.3.3.1 (Capítulo 2), los pastizales gestionados deben estratificarse por regiones climáticas y tipos de suelo (véase el Anexo 3A.5 del Capítulo 3 para tener una orientación sobre las clasificaciones de suelos y climas).

Se pueden emplear bases de datos y métodos similares a los señalados para *Suelos minerales* en la sección del Nivel 1 para derivar estimaciones de superficie. La superficie de tierra con suelos orgánicos que se gestionan para pastizales, puede determinarse empleando una superposición de un mapa de uso de la tierra sobre mapas de climas y suelos. Se pueden utilizar datos específicos del país sobre proyectos de drenaje combinados con mapas de suelos y sondeos, para obtener una estimación más refinada de las superficies pertinentes de pastizales gestionados en suelos orgánicos.

Nivel 2

Los métodos del Nivel 2 pueden incluir una estratificación de los sistemas de gestión si se dispone de datos suficientes. Esto podría incluir una división de los sistemas de pastizales por clases de drenaje, por ejemplo. Los métodos de Nivel 2 pueden incluir también una estratificación más refinada de las regiones climáticas.

Nivel 3

Es probable que los métodos del Nivel 3 para suelos orgánicos incluyan datos más detallados sobre clima, topografía y gestión, en comparación con los métodos de los Niveles 1 y 2, aunque los requisitos exactos dependerán del diseño del modelo o de la medición.

6.2.3.4 PASOS DE CÁLCULO PARA EL NIVEL 1

Suelos minerales

Los pasos para estimar SOC_0 y $SOC_{(0-T)}$ y los cambios de existencias netas de C en el suelo por hectárea de *Pastizales que permanecen como tales* son los siguientes:

Paso 1: organizar los datos por períodos de inventario sobre la base de los años en los que se recabaron los datos de la actividad (p. ej., 1990 y 1995, 1995 y 2000, etc.)

Paso 2: determinar el uso y la gestión del suelo por tipo de suelo mineral y región climática del territorio al comienzo del período de inventario, lo que puede variar según la periodicidad de los datos de la actividad (0-T; p. ej., hace 5, 10 o 20 años).

Paso 3: seleccionar el valor de existencias de C de referencia específico del lugar (SOC_{REF}) sobre la base del tipo de clima y de suelo del Cuadro 2.3, para cada superficie de tierra a inventariar. Las existencias de C de referencia son las mismas para todas las categorías de uso de la tierra a fin de garantizar que no se computen cambios erróneos en las existencias de C debidos a diferencias en los valores de existencias de referencia entre sectores.

Paso 4: seleccionar el factor de uso de la tierra (F_{LU}), el factor de gestión (F_{MG}) y los niveles de entrada de C (F_I) que representan el sistema de uso y gestión de la tierra presente al comienzo del periodo de inventario. Los valores de F_{LU} , F_{MG} y F_I se encuentran en el Cuadro 6.2.

Paso 5: multiplicar estos valores por las existencias de C del suelo de referencia para estimar las existencias «iniciales» de C orgánico del suelo ($SOC_{(0-T)}$) durante el período del inventario.

Paso 6: estimar SOC_0 repitiendo los pasos 1 a 4 y empleando las mismas existencias de C de referencia del lugar (SOC_{REF}), pero empleando factores de uso y gestión de la tierra y factores de ingreso que representen las condiciones del último año de inventario (año 0).

Paso 7: estimar el cambio promedio anual en existencias de C en el suelo para la zona durante el período de inventario, ($\Delta C_{CC_{Minerales}}$).

Paso 8: repetir los Pasos 1 a 6 si hay períodos de inventario adicionales (p. ej., 1990 a 1995, 2001 a 2010, etc.).

A continuación se proporciona un ejemplo para calcular un cambio en las existencias del C orgánico del suelo utilizando la Ecuación 2.25 (Capítulo 2), los factores de cambio de las existencias por defecto y las existencias de C de referencia.

Ejemplo: En el siguiente ejemplo se muestran los cálculos para superficies agregadas de cambios de existencias de carbono en pastizales a una profundidad de 30 cm. En suelos Ultisol, en un clima tropical húmedo, hay 1 MHá de pastizal permanente. Las existencias de carbono de referencia nativas (SOC_{ref}) para el clima/tipo de suelo son de 47 ton C há⁻¹. Al inicio del periodo del inventario (1990 en este ejemplo), la distribución de los sistemas de pastizales era de 500 000 há de pastizal nativo no gestionado, 400 000 há de tierras de pastura no mejoradas moderadamente degradadas; y 100 000 há de pastizal muy degradado. Por lo tanto, las existencias iniciales de carbono del suelo eran: 500 000 há • (47 ton C há⁻¹ • 1 • 1 • 1) + 400 000 há • (47 ton C há⁻¹ • 1 • 0,97 • 1) + 100 000 há • (47 ton C há⁻¹ • 1 • 0,7 • 1) = 45 026 000 toneladas de C. En el último año del periodo de inventario (2010 en este ejemplo), hay: 300 000 há de pastizal nativo no gestionado, 300 000 há de tierras de pastura no mejoradas moderadamente degradadas; 200 000 há de pastizal muy degradado; 100 000 há de tierras de pastura mejoradas que reciben fertilizante; y 100 000 há de tierras de pastura altamente mejoradas que reciben fertilizante y riego. Entonces, el total de existencias de carbono en el suelo en el año del inventario será: 300 000 há • (47 ton C há⁻¹ • 1 • 1 • 1) + 300 000 há • (47 ton C há⁻¹ • 1 • 0,97 • 1) + 200 000 há • (47 ton C há⁻¹ • 1 • 0,7 • 1) + 100 000 há • (47 ton C há⁻¹ • 1 • 1,17 • 1) + 100 000 há • (47 ton C há⁻¹ • 1 • 1,17 • 1,11) = 45 959 890 toneladas de C. El cambio en las existencias anuales promedio durante el periodo para toda la superficie será: 45 959 890 – 45 026 000 = 933 890 ton/20 años = 46 694,5 ton de incremento de las existencias de C por año. (Nota: 20 años es la dependencia temporal del factor de cambio de existencias, es decir, el factor representa la tasa anual de cambio durante 20 años).

Suelos orgánicos

Los pasos para estimar la pérdida de C del suelo en suelos orgánicos drenados son los siguientes:

Paso 1: organizar los datos por períodos de inventario sobre la base de los años en los que se recabaron los datos de la actividad (p. ej., 1990 y 1995, 1995 y 2000, etc.).

Paso 2: determinar la cantidad de *Pastizales que permanecen como tales* sobre suelos orgánicos drenados durante el último año de cada período de inventario.

Paso 3: asignar el factor de emisión apropiado (EF) para las pérdidas anuales de CO₂ en base al régimen climático de temperatura (del Cuadro 5.6).

Paso 4: estimar las emisiones totales acumulando el producto de la zona (A) multiplicada por el factor de emisión (EF) para todas las zonas climáticas.

Paso 5: repetir para períodos de inventario adicionales.

6.2.3.5 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Existen tres grandes fuentes de incertidumbre en los inventarios de C del suelo: 1) incertidumbres en los datos de la actividad de uso y gestión de la tierra y sobre el medio ambiente; 2) incertidumbres con referencia a las existencias de C del suelo si se utilizan los métodos de los Niveles 1 o 2 (suelos minerales solamente); y 3) incertidumbres en los factores de cambios en las existencias y de emisión para los métodos de Niveles 1 o 2, error en la estructura/los parámetros del modelo para los métodos basados en el modelo de Nivel 3, o errores de medición/variabilidad en el muestreo relacionados con los inventarios basados en mediciones de Nivel 3. Por lo general, la precisión de un inventario se incrementa y los intervalos de confianza son menores cuando hay más muestreo para estimar los valores de las tres categorías más amplias, mientras que es más factible que se reduzca el sesgo (es decir, que mejore la exactitud) a través del desarrollo de un inventario de Nivel superior que incluya información específica del país.

En cuanto al Nivel 1, las incertidumbres se suministran con las existencias de C de referencia en la primera nota al pie del Cuadro 2.3, los factores de emisión para suelos orgánicos del Cuadro 6.3 y los factores de cambio de existencias del Cuadro 6.2. Las incertidumbres en los datos sobre uso y gestión de la tierra se determinan por el compilador del inventario y, posteriormente, se combinan con las incertidumbres de los factores por defecto y las existencias de C por defecto (suelos minerales solamente) empleando un método apropiado, como simples ecuaciones de propagación de error. Si se emplean estadísticas agregadas de superficies de uso de la tierra para los datos de la actividad (p. ej., datos de la FAO), puede que el organismo a cargo del inventario deba aplicar un nivel de incertidumbre por defecto para las estimaciones de la superficie territorial ($\pm 50\%$). No obstante, constituye una *buena práctica* que el compilador del inventario derive las incertidumbres a partir de los datos de la actividad específicos del país en lugar de utilizar un nivel por defecto.

Las existencias de C de referencia y los factores de cambio de existencias para suelos minerales y los factores de emisión para suelos orgánicos por defecto pueden contener incertidumbres inherentes altas, particularmente sesgos, cuando se las aplica a países específicos. Los valores por defecto representan valores de uso de la tierra e impactos de gestión o a existencias de C de referencia promediados a nivel mundial que pueden diferenciarse de los valores específicos de una región (Powers *et al.*, 2004; Ogle *et al.*, 2006). Los sesgos se pueden reducir derivando factores específicos del país empleando el método de Nivel 2 o desarrollando un sistema de estimación específico del país de Nivel 3. La base subyacente en los métodos de Nivel superior será la de experimentos realizados en el país o en las regiones vecinas que establezcan el efecto del uso y la gestión de la tierra sobre el C del suelo. Además, es una *buena práctica* minimizar aun más el sesgo contabilizando las diferencias significativas dentro del país en cuanto a impactos del uso y la gestión de la tierra, como son la variación entre regiones climáticas y/o tipos de suelos, incluso a expensas de una menor precisión en las estimaciones de factores (Ogle *et al.*, 2006). El sesgo se considera más problemático para declarar los cambios en las existencias porque no está necesariamente considerado en el rango de incertidumbre (es decir, el verdadero cambio en las existencias puede estar fuera del rango de incertidumbre declarado si hay un sesgo significativo en los factores).

Las incertidumbres en las estadísticas de actividad de uso de la tierra pueden reducirse mediante un mejor sistema nacional, por ejemplo, desarrollando o ampliando un sondeo basado en el terreno con un mayor número de puntos de muestreo y/o incorporando la detección remota para lograr una cobertura adicional. Es una *buena práctica* diseñar una clasificación en la que se considere la mayor parte de las actividades de uso y gestión del suelo con un tamaño de muestra suficientemente amplio para minimizar la incertidumbre a escala nacional.

En cuanto a los métodos de Nivel 2, se incorpora la información específica del país al análisis del inventario a fin de reducir el sesgo. Por ejemplo, Ogle *et al.* (2003) utilizaron datos específicos del país para elaborar funciones de distribución de probabilidades para factores específicos, datos de la actividad y existencias de C de referencia de los Estados Unidos respecto a suelos agrícolas. Constituye una *buena práctica* evaluar las dependencias entre los factores, existencias de C de referencia o datos de la actividad de gestión. En particular, son comunes las fuertes dependencias en los datos de la actividad de uso y gestión del suelo porque las prácticas de gestión tienden a correlacionarse en el tiempo y el espacio. Se pueden combinar las incertidumbres en los factores de cambio de existencias o de emisión, existencias de C de referencia y datos de la actividad empleando métodos como las simples ecuaciones de propagación de errores o procedimientos de Monte Carlo para estimar medias y desviaciones estándar para los cambios en las existencias de C del suelo (Ogle *et al.*, 2003; Vanden Bygaart *et al.*, 2004).

Los modelos de Nivel 3 son más complejos y las simples ecuaciones de propagación de errores pueden no resultar eficaces para cuantificar la incertidumbre asociada de las estimaciones resultantes. Es posible realizar análisis de Monte Carlos (Smith y Heath, 2001), pero puede resultar dificultosa su aplicación si el modelo tiene muchos parámetros (algunos modelos pueden tener varios cientos de parámetros) porque se deben elaborar funciones conjuntas de distribución de probabilidades con las que se cuantifique la varianza, así como la covarianza, entre los parámetros. También se dispone de otros métodos, tales como los métodos de base

empírica (Monte *et al.*, 1996), en los que se emplean mediciones de una red de monitorización para evaluar estadísticamente la relación existente entre los resultados medidos y los modelizados (Falloon y Smith, 2003). En contraste con la modelización, las incertidumbres de los inventarios en base a mediciones de Nivel 3 pueden estimarse a partir de la varianza de las muestras, de errores estimados en la medición y de otras fuentes de incertidumbre pertinentes.

6.2.4 Emisiones de gases de efecto invernadero no CO₂ a partir del quemado de biomasa

Las emisiones de no CO₂ del quemado de biomasa en los *Pastizales que permanecen como tales* resultan predominantemente del «quemado de la sabana», que se produce principalmente en las regiones tropicales y subtropicales. Sin embargo, las formaciones cubiertas de hierba y leñosas en cualquier parte del mundo también pueden estar sometidas al fuego, principalmente como resultado de las prácticas de gestión, y las emisiones de no CO₂ resultantes también deben declararse.

No se declaran las emisiones de CO₂ del quemado de biomasa en los *Pastizales que permanecen como tales*, puesto que están muy equilibradas con el CO₂ que se reincorpora a la biomasa a través de la actividad fotosintética en un periodo que varía desde semanas hasta unos pocos años después del quemado.

Deben declararse las emisiones de no CO₂ (en particular CO, CH₄, N₂O y NO_x) que resulten de la combustión incompleta de la biomasa en los pastizales gestionados, independientemente de su naturaleza (fuego natural o antropogénico). La cantidad de biomasa quemada en un incendio cualquiera puede variar de una región a otra tanto como varía estacionalmente. La eficiencia de la combustión y la fracción correspondiente de la biomasa que se convierte en gases de efecto invernadero no-CO₂ puede también variar.

Los países deben declarar las emisiones de no CO₂ del quemado de biomasa en los *Pastizales que permanecen como tales* utilizando los datos anuales en lugar de los datos de la actividad promedio en un periodo determinado. Esto permite generar informes para detectar las fluctuaciones interanuales debidas a fenómenos climáticos (tales como El Niño), o la variabilidad climática natural (años inusualmente secos, en los que las perturbaciones debidas al fuego pueden ser más frecuentes). Normalmente, las estimaciones son muy inciertas debido a la falta de datos fiables y exactos sobre la masa de combustible disponible para combustión y sobre la combustión y los factores de emisión.

El método general para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero en *Pastizales que permanecen como tales* se describe en la Ecuación 2.27 del Capítulo 2. Las emisiones del quemado de biomasa deben estimarse a partir de la biomasa aérea y los depósitos de DOM. Se supone que, con el quemado, la biomasa subterránea permanece constante después de la perturbación, o se transfiere al depósito del suelo. Los valores por defecto para el método de Nivel 1 o los componentes del método de Nivel 2 se proporcionan en la Sección 2.4 del Capítulo 2.

6.2.4.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

El árbol de decisiones de la Figura 2.6 del Capítulo 2 ofrece ayuda para la selección del nivel de método apropiado para declarar las emisiones de no CO₂ procedentes del quemado de biomasa. Si el quemado de biomasa en los *Pastizales que permanecen como tales* no es una categoría principal, los países pueden optar por declarar las emisiones de no CO₂ utilizando un método de Nivel 1, el cual está basado en datos muy agregados y en los factores de combustión y emisión por defecto. Sin embargo, si el quemado de biomasa en los *Pastizales que permanecen como tales* es una categoría principal, los países deben esforzarse por mejorar sus métodos de inventario y declaración aplicando el Nivel más alto posible, dentro de las circunstancias nacionales.

Nivel 1

Debe aplicarse la Ecuación 2.27 si se elige declarar bajo un método de Nivel 1. El Nivel 1 está basado en datos muy agregados y en los factores de combustión y emisión por defecto. Si los datos sobre la *Masa de combustible disponible para la combustión* (M_B) no están disponibles, los países deben utilizar los datos por defecto del Cuadro 2.4 del Capítulo 2 para la masa de combustible consumida. Sin embargo, puesto que los datos de este cuadro se proporcionan por tipos de vegetación y subcategorías, los países que apliquen estos datos por defecto deben estratificar la superficie de los *Pastizales que permanecen como tales* en su territorio, antes de elegir el valor apropiado por defecto (o los valores) a aplicar.

Nivel 2

El nivel 2 amplía el Nivel 1 al incluir estimaciones de superficie más desagregadas (por tipos de vegetación, subcategorías) y estimaciones específicas del país de los factores de combustión y emisión para cada estrato. La

superficie quemada puede estimarse utilizando datos de detección remota de la resolución espacial y temporal adecuada analizados según un robusto diseño de muestreo. La periodicidad de la adquisición de datos es clave, especialmente en los trópicos, donde el quemado tiene lugar en una época del año concreta que puede extenderse varios meses. Es importante, cuando se estima el área quemada, capturar su variación mes a mes.

Nivel 3

El método de Nivel 3 debe estar basado en modelos con algoritmos para generar mapas a escala regional de la superficie quemada utilizando datos satelitales de fuentes múltiples y con una resolución espacial moderada. Los resultados deben validarse utilizando datos con alta resolución espacial ampliados con las observaciones de campo, y refinados basándose en los resultados de validación y en la respuesta de los usuarios operativos. Puede diseñarse un método de muestreo para generar estimaciones del área quemada. Los países deben estratificar, en la medida de lo posible, las superficies de *Pastizales que permanecen como tales* y los factores de combustión y emisión correspondientes. El método de Nivel 3 debe proporcionar estimaciones (flujos) del impacto del quemado de biomasa en todos los depósitos, incluida la biomasa subterránea.

6.2.4.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Nivel 1

Según un método de Nivel 1, los valores por defecto se proporcionan para los factores de combustión [fracción de combustible (biomasa aérea, hojarasca y madera muerta) consumida] en el Cuadro 2.6 del Capítulo 2; y para los factores de emisión en el Cuadro 2.5 del Capítulo 2, para cada gas de efecto invernadero no CO₂. Las estimaciones de la biomasa aérea en las sabanas se proporcionan en el Cuadro 6.4. El valor del Cuadro 2.4 debe utilizarse como la «fracción de combustible realmente quemado» de la Ecuación 2.27 del Capítulo 2. Aún cuando los datos de Nivel 1 estén normalmente muy agregados, los países deben buscar estratificar la superficie del pastizal afectado por el quemado de biomasa, por tipos más amplios de vegetación (arbustales, bosques de la sabana, pastizales de la sabana), así como según el periodo del quemado (estación seca temprana, estación seca media/tardía). Si los pastizales están estratificados por tipo de vegetación y subcategoría (por ejemplo, parques de la sabana, bosques de la sabana), los países pueden utilizar los valores por defecto del consumo de biomasa proporcionados en el Cuadro 2.4 del Capítulo 2, que presenta las estimaciones del producto entre el combustible disponible y la fracción de biomasa realmente quemada (equivalente al producto de las cantidades que M_B y C en la Ecuación 2.27 del Capítulo 2).

Nivel 2

Los países que utilicen un método de Nivel 2 deben utilizar los factores de combustión y emisión específicos del país desarrollados para cada tipo de pastizal amplio (arbustales, bosques de la sabana, pastizales de la sabana) y subcategorías (si son aplicables).

Nivel 3

Los países que utilicen un método de Nivel 3 deben desarrollar algoritmos para estimar la superficie quemada, validar los productos obtenidos con los datos de la observación de campo y con las consultas de los usuarios del producto.

6.2.4.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Nivel 1

Para un método de Nivel 1, el único dato de la actividad necesario es la superficie afectada por el quemado de biomasa en los *Pastizales que permanecen como tales*. Si no se dispone de datos nacionales sobre las superficies quemadas, pueden utilizarse los datos de los mapas de incendios mundiales. Sin embargo, nótese que cualquier producto de incendio mundial sólo representa una fracción del total de incendios que se producen tanto en el tiempo como en el espacio, debido a las limitaciones inherentes a los sensores de los satélites, que son las fuentes de los datos de los mapas mundiales. Como alternativa, los países pueden estimar también la superficie anual quemada multiplicando la superficie de los pastizales del territorio por la fracción anual estimada de pastizales quemados, y prorratear la superficie estimada entre *Pastizales que permanecen como tales* y *Pastizales convertidos en otros usos de la tierra*.

Nivel 2

Este método amplía el Nivel 1 incorporando más datos desagregados sobre las superficies afectadas por el quemado de biomasa. Las superficies de pastizales deben estratificarse de acuerdo con los diferentes tipos de vegetación (arbustales, pastizales de la sabana, bosques de la sabana, etc.) y por subcategorías. Deben llevarse a cabo estimaciones nacionales de la superficie quemada. En ausencia de datos nacionales fiables, los países pueden confiar en los mapas mundiales de incendios, pero deben esforzarse en evaluar el muestreo particular que subyace a la producción de estos mapas de incendios, sobre todo, si el muestreo en particular que se observa se ve afectado por cualquier sesgo sistemático o no sistemático. Para estimar la superficie total quemada, deben

utilizarse fuentes de datos diferentes, que en general tienen diferentes estrategias de muestreo. Además, la superficie quemada debe compararse con las superficies quemadas que poseen conjuntos de datos de validación.

Nivel 3

El Nivel 3 exige datos de la actividad de alta resolución desagregados a nivel subnacional a escalas de grillas más finas. A igual que para el Nivel 2, las superficies de pastizales deben estratificarse por tipos de vegetación específicos y subcategorías para que puedan utilizarse en los modelos. Si es posible, se utilizan estimaciones de superficie espacialmente explícitas a fin de facilitar una cobertura completa de los pastizales, y garantizar que las superficies no se sobreestimen ni se subestimen. Además, las estimaciones de superficie espacialmente explícitas pueden relacionarse con las tasas de emisión y combustión localmente pertinentes, lo cual mejora la exactitud de las estimaciones. El uso de modelos basados en procesos debe proporcionar una estimación más exacta de la superficie si los resultados se validan con las mediciones de campo. Con fines de validación, es necesario que las mediciones sean suficientemente representativas.

6.2.4.4 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Hay varias fuentes de incertidumbre relacionadas con las estimaciones de las emisiones no CO₂ del quemado de biomasa en los *Pastizales que permanecen como tales*. Por ejemplo, las sabanas incluyen un mosaico heterogéneo de pastos, arbustos, matorrales de espinos y bosques abiertos. El comportamiento del fuego varía considerablemente, y por lo tanto, la desagregación de las formaciones vegetales conduce a una mayor precisión.

La fracción de combustible que se quema realmente durante el quemado de la biomasa (factor de combustión) varía en gran medida, no sólo entre los ecosistemas, sino también entre los incendios, entre los años, y en función de las prácticas culturales. Las mediciones de un incendio dado, año y/o configuración cultural no pueden extrapolarse de manera fiable a otras regiones o años, o a la escala de bioma (Robinson, 1989).

Una de las causas principales de la incertidumbre en la estimación de la contribución del quemado de biomasa a las emisiones de gases traza es la extensión de superficie quemada, la intensidad del incendio, y la tasa de propagación, en especial en los ecosistemas tropicales (Seiler y Crutzen, 1980; Matson y Ojima, 1990; Robinson, 1989). La precisión de las estimaciones varía en gran medida, y depende esencialmente de la exactitud de las estimaciones de la superficie quemada, de la proporción de combustible oxidado disponible, y del combustible de biomasa disponible. Las incertidumbres de las estimaciones de las superficies quemadas pueden variar mucho según la metodología empleada – por ejemplo, si se utiliza la detección remota de alta resolución éstas pueden ser del orden del 20%, mientras que del uso de mapas mundiales de incendios pueden resultar incertidumbres de hasta el doble. Es probable que las incertidumbres en las estimaciones de las emisiones de gases de efecto invernadero de grandes regiones de un incendio sean de al menos el 50%, incluso con datos aceptables específicos del país; y de menos del doble si sólo se utilizan los datos por defecto.

6.3 TIERRAS CONVERTIDAS EN PASTIZALES (LG, DEL INGLÉS *LAND CONVERTED TO GRASSLAND*)

Las *Tierras convertidas en pastizales* incluyen las Tierras forestales u otras categorías de uso de la tierra convertidas en Pastizales en los últimos 20 años. Elaborar un inventario de gases de efecto invernadero para los *Tierras convertidas en pastizales* (LG) implica estimar los cambios producidos en las existencias de carbono de cinco depósitos de carbono (es decir, biomasa aérea, biomasa subterránea, madera muerta, hojarasca y materia orgánica del suelo), así como las emisiones de gases no CO₂. Las principales fuentes de emisiones y absorciones de los gases de efecto invernadero de esta categoría están asociadas con el cambio de uso de la tierra y la gestión.

Las implicancias en el carbono de la conversión de otros usos de la tierra (principalmente Tierras forestales, Tierras de cultivo y, en menor grado, Humedales y rara vez Asentamientos) en Pastizales son menos definidas que el caso de la conversión en Tierras de cultivo. La bibliografía del principal tipo de conversión (de las Tierras forestales en Pastizales en los trópicos) aporta pruebas de las ganancias netas así como de las pérdidas netas en el carbono del suelo, y el efecto de la gestión sobre los cambios en el carbono del suelo de los pastizales después de la conversión es clave (véase, por ejemplo, Veldkamp, 2001) así como las existencias antes de la conversión. De la conversión en Pastizales de las tierras en estado natural y de las tierras procedentes de otros usos pueden resultar emisiones netas o absorciones netas de CO₂ tanto en la biomasa como en el suelo. El proceso de conversión puede también dar como resultado emisiones debidas al quemado de biomasa.

El árbol de decisiones de la Figura 1.3 (Capítulo 1) ayuda en la selección del nivel de método apropiado para la aplicación de los procedimientos de estimación para las *Tierras convertidas en pastizales*.

6.3.1 Biomasa

Esta sección proporciona las directrices para estimar los cambios en las existencias de carbono de la biomasa debidos a la conversión de tierras no gestionadas en pastizales gestionados, así como la conversión de otros usos de la tierra en pastizales, incluyendo las *Tierras forestales convertidas en pastizales* y las Tierras de cultivo convertidas en tierras de pastura y en tierras de pastoreo. Los cambios en las existencias de carbono de la biomasa debidos a la conversión en pastizales son el resultado de la eliminación de la vegetación existente y su sustitución por vegetación de pastizal. Esto difiere de los conceptos que subyacen en los cambios en las existencias de carbono en la biomasa de los *Pastizales que permanecen como tales*, donde los cambios están ligados con las prácticas de gestión.

La conversión de la tierra tiene a menudo como resultado la transferencia de carbono de un depósito a otro. Deben contabilizarse todas las transferencias y, cuando se declaren las tierras convertidas en pastizales, deben contabilizarse las ganancias y pérdidas de estos depósitos durante la transición a un nuevo régimen constante. Por ejemplo, cuando se convierte un bosque en tierra de pastura, se talan los árboles y una parte de la biomasa aérea se transfiere al depósito de materia orgánica muerta, una parte de la biomasa subterránea se transfiere al depósito de materia orgánica del suelo, etc.

Estimar los cambios en las existencias de carbono de la biomasa para tierras convertidas en pastizales requiere un método de dos fases. Hay a menudo un cambio abrupto en la biomasa relacionado con el cambio en el uso de la tierra, en particular cuando el cambio es deliberado y relacionado con las operaciones de preparación del terreno (p. ej., desbroce y quemado). Este cambio abrupto se trata como la Fase 1, y se estima al año de la conversión. La segunda fase (Fase 2) da cuenta de las pérdidas y ganancias graduales de biomasa durante un período de transición a un nuevo sistema de régimen constante. En cierto momento, el ecosistema de pastizales debe alcanzar un equilibrio, momento en el cual se lo puede considerar como *Pastizales que permanecen como tales* y contabilizarse bajo esa categoría. Para permanecer en la categoría de transición, el período por defecto después de la conversión es de 20 años; pero los países pueden determinar el período de transición que consideren apropiado. Los valores de los coeficientes que determinan la tasa de emisiones pueden depender del período de transición utilizado.

A fin de considerar el período de transición, las tierras convertidas en pastizales deben tratarse como cohortes anuales. Es decir, las tierras convertidas durante un año dado deben contabilizarse con los métodos de la Fase 1 en el año de la conversión y, con los de la Fase 2, en los 19 años subsiguientes. Al finalizar el período de 20 años, la superficie de tierra de ese año se suma a la contabilizada bajo la categoría *Pastizales que permanecen como tales*.

Es probable que un cierto número de tierras convertidas en pastizales no tenga una transición abrupta (p. ej., las tierras de cultivo que se abandonan y vuelven a ser pastizales). En este caso, no son apropiados los métodos de la Fase 1, y habrá una transición gradual de los depósitos de biomasa hasta alcanzarse un nuevo equilibrio. Cuando sucede de este tipo de conversión, la contabilización global puede tratarse con métodos de la Fase 2.

Es una *buena práctica* prorratear las transferencias de carbono entre los depósitos cuando hay una transición abrupta. Los impactos inmediatos de las actividades de conversión de la tierra sobre las cinco existencias de carbono pueden resumirse en una «matriz de perturbación». En la matriz de perturbación se describen la retención, las transferencias y las liberaciones de carbono de los depósitos del ecosistema original que siguen a la conversión en pastizales. Una matriz de perturbación define, para cada depósito, la proporción que permanece en él y la proporción que se transfiere a otros depósitos. Es posible que se produzca un pequeño número de transferencias, que se muestran en la matriz de perturbación del Cuadro 2.1 del Capítulo 2. Si la tasa de conversión de la tierra es más o menos constante, la hipótesis de que todo el carbón de estos depósitos se perdió en el momento de la conversión sería una primera aproximación razonable. Si la tasa de conversión de la tierra varía a través del tiempo, es una *buena práctica* contabilizar la transferencia y liberación de carbono entre los diferentes depósitos y asegurarse de que se contabilice todo el carbono.

En los casos en los que hay un cambio inmediato y abrupto de las existencias de carbono de la biomasa debido a la conversión en pastizales, se estima el efecto de esta conversión empleando la Ecuación 2.16 del Capítulo 2. Durante el período de transición, los depósitos que ganan o pierden C muestran a menudo una curva no lineal de pérdida o acumulación que se puede representar mediante sucesivas matrices de transición. Si se conocen las formas de las curvas, se las puede aplicar a cada cohorte que está en transición en el año de declaración para estimar la emisión o absorción anual por cada depósito específico. Si no se conoce la forma de la curva, los países pueden simplificar y utilizar una función de descomposición lineal para estimar los cambios en los depósitos. Existen dos métodos para estimar estos cambios.

6.3.1.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

El árbol de decisiones de la Figura 2.2 (Capítulo 2) ayuda en la selección del nivel de método apropiado para la aplicación de los procedimientos de estimación de la biomasa en las *Tierras convertidas en pastizales*. La estimación de los cambios en la biomasa requiere una estimación de los cambios en la vegetación aérea y de los cambios en la biomasa subterránea. Los países deben utilizar el nivel más alto posible dentro de las circunstancias nacionales. Es una *buena práctica* utilizar métodos de Niveles 2 o 3 si las emisiones y absorciones de carbono en las *Tierras convertidas en pastizales* son una categoría principal y si la subcategoría de biomasa se considera significativa basándose en los principios establecidos en el Volumen 1, Capítulo 4.

Nivel 1

El cambio en las existencias de carbono de la biomasa en las *Tierras convertidas en Pastizales* según el Nivel 1 debe estimarse utilizando la Ecuación 2.15. Los cambios de existencias de carbono promedio equivalen a los cambios de existencia de carbono debidos a la eliminación de biomasa del uso de la tierra inicial (es decir, el carbono de la biomasa inmediatamente después de la conversión menos el carbono de la biomasa previo a ella), más las existencias de carbono del crecimiento que sigue a la conversión. Como simplificación para el Nivel 1, se supone que se pierde toda la biomasa del ecosistema anterior, justo después de la conversión (Ecuación 2.16), incluso si no hay un cambio abrupto, y se supone que la biomasa residual ($B_{\text{DESPUÉS}}$) es, por lo tanto, cero (es decir, se elimina toda la vegetación de la tierra antes de que se establezca la vegetación del pastizal). Por lo tanto, por ejemplo, no hay transferencia de biomasa desde el depósito de biomasa al depósito de madera muerta. Los valores por defecto para biomasa previos a la conversión pueden encontrarse en los capítulos referidos a los respectivos usos de la tierra (p. ej., los factores por defecto para tierras forestales se encuentran en el capítulo referido a biomasa en tierras forestales).

Además, se supone que los pastizales alcanzan su biomasa de régimen constante durante el primer año posterior a la conversión. Por consiguiente, en el Nivel 1, no hay cambio de existencias asociado con la Fase 2, aunque las tierras convertidas en pastizales deben mantenerse en la categoría de conversión durante un periodo de transición de 20 años, puesto que las existencias del suelo tardan más tiempo en alcanzar el equilibrio. Las emisiones y la captación de la biomasa durante la Fase 2 de los cálculos son, por lo tanto, cero. Si hay cambios significativos en la gestión durante la fase de transición, los países pueden contabilizar el impacto de estos cambios sobre las existencias de C de la biomasa utilizando los métodos de Nivel 2 de los *Pastizales que permanecen como tales*. Es una *buena práctica* contabilizar todas las *Tierras convertidas en pastizales*. Por lo tanto, debe realizarse un cálculo independiente para cada tipo de conversión.

Nivel 2

Los cálculos de Nivel 2 se diferencian estructuralmente con los de Nivel 1 en una serie de características. En primer lugar, las estimaciones de Nivel 2 utilizan el método de dos fases descrito anteriormente. El nivel 2 se basa en estimaciones específicas del país de la biomasa durante los usos inicial y final de la tierra, más que en los valores por defecto como se hace en el Nivel 1. Las estimaciones de la superficie para las *Tierras convertidas en pastizales* están desagregadas a unas escalas espaciales de mayor resolución que en el Nivel 1, para así capturar las variaciones regionales dentro de las formaciones de pastizales del país.

En segundo lugar, en el Nivel 2 se puede modificar la hipótesis de que la biomasa sea cero inmediatamente después de la conversión. Esto permite a los países tener en cuenta las transiciones de uso de la tierra en las que se elimina parte, aunque no toda, la vegetación del uso de la tierra original. Además, en el Nivel 2, es posible contabilizar la acumulación de biomasa que sigue al establecimiento de los pastizales en un período de varios años (en lugar de contabilizar todos los cambios en las existencias de biomasa en el año de la conversión) si hay datos disponibles para estimar el tiempo de establecimiento de toda la biomasa y los cambios de existencias anuales.

En tercer lugar, en el Nivel 2, es una *buena práctica* prorratear las transferencias de carbono entre los depósitos. Normalmente, los sistemas de pastizales no contienen una cantidad significativa de carbono en los depósitos de madera muerta u hojarasca, sino que la madera muerta puede permanecer varios años en los pastizales jóvenes que van sustituyendo a los bosques o acumularse en los arbustales como biomasa leñosa vieja. Si la tasa de conversión de la tierra es más o menos constante, la hipótesis de que todo el carbono de estos depósitos se perdió cuando se produjo la conversión sería una primera aproximación razonable. Si la tasa de conversión de la tierra varía a través del tiempo, es apropiado tratar de contabilizar la transferencia y liberación de carbono de la hojarasca, de la madera muerta y de los depósitos de carbono del suelo. Por lo tanto, es necesario distinguir las pérdidas inmediatas debidas a las actividades de conversión de las pérdidas que tienen lugar en los años siguientes a la conversión de la tierra.

El cambio inmediato y abrupto en las existencias de carbono de la biomasa debido a las *Tierras convertidas en pastizales* bajo los Niveles 2 y 3 se estima utilizando la Ecuación 2.16 del Capítulo 2, donde se supone que $B_{\text{DESPUÉS}}$ es cero. Durante el período de transición, los depósitos que ganan o pierden C tienen a menudo una

curva de pérdida o acumulación no lineal que puede representarse a través de sucesivas matrices de transición. Para el Nivel 2, puede suponerse una función de cambio lineal. En un enfoque de Nivel 3 basado en estos métodos, es una *buena práctica* utilizar las verdaderas formas de las curvas. Estas curvas deben aplicarse a cada cohorte que esté bajo transición durante el año de la declaración, a fin de estimar los cambios anuales de los depósitos de carbono de la biomasa.

Para la estimación de los cambios en el carbono de la biomasa durante la fase de transición, se sugieren dos métodos. Las ecuaciones utilizadas son las mismas que para el Nivel 2 en la sección *Pastizales que permanecen como tales*.

Método de ganancias y pérdidas (véase la Ecuación 2.7 del Capítulo 2): este método implica estimar la superficie de cada tipo de conversión de la tierra y el promedio anual de transferencia hacia y desde las existencias de biomasa. Esto requiere: (i) una estimación de la superficie bajo *Tierras convertidas en pastizales* según los diferentes tipos de clima, zonas ecológicas, tipos de pastizales, régimen de perturbación, régimen de gestión u otros factores que afecten significativamente los depósitos de carbono de la biomasa; (ii) la cantidad de biomasa que se acumula en las existencias de biomasa, y (iii) la cantidad de biomasa perdida de las existencias de biomasa por hectárea y según los diferentes tipos de pastizales.

Método de diferencia de existencias (véase la Ecuación 2.8 del Capítulo 2): este método implica estimar la superficie de las *Tierras convertidas en pastizales* y las existencias de biomasa en dos momentos dados, t_1 y t_2 . Los cambios ocurridos en las existencias de biomasa en el año del inventario se calculan dividiendo los cambios en las existencias por el período (años) transcurrido entre dos mediciones. Este método de Diferencia de existencias puede aplicarse en los países que tienen inventarios periódicos, y puede ser más apropiado para los países que adoptan los métodos de Nivel 3. Este método puede no ser muy apropiado en las regiones con climas muy variables y puede producir resultados espurios a menos que se lleven a cabo inventarios anuales.

Nivel 3

Los métodos de Nivel 3 se emplean en los países que cuentan con factores de emisión específicos del país y con datos sustanciales a nivel nacional. La metodología definida para el país puede basarse en inventarios detallados de parcelas de muestreo permanente de sus tierras de cultivo y/o en modelos. En cuanto al Nivel 3, los países deben desarrollar sus propias metodologías y parámetros para estimar los cambios en la biomasa. Estas metodologías se pueden derivar de los dos métodos especificados antes, o se pueden basar en otros métodos. El método utilizado deberá documentarse claramente.

El Nivel 3 incluye sistemas de inventario que emplean muestreos de la biomasa realizados a través del tiempo sobre la base de estadísticas y/o modelos de procesos, estratificados por clima, tipo de pastizal y regímenes de gestión. Por ejemplo, se pueden emplear modelos validados de crecimiento por especies específicas que consideran los efectos de la gestión tales como la intensidad del pastoreo, el fuego, el encalado y la fertilización, con los datos correspondientes sobre las actividades de gestión, para estimar los cambios netos de la biomasa de los pastizales a través del tiempo. Los modelos, conjuntamente con las estimaciones de la biomasa basadas en el muestreo periódico, similares a los utilizados en los inventarios forestales detallados, podrían aplicarse para estimar los cambios de existencias para hacer extrapolaciones espaciales de las superficies de los pastizales.

Los criterios clave para seleccionar los modelos apropiados incluyen la capacidad de representar todas las conversiones del ecosistema y las prácticas de gestión que figuran en los datos de la actividad. Es fundamental que el modelo sea validado mediante observaciones independientes desde lugares de campo específicos del país o de la región que sean representativos de la variabilidad del clima, de los sistemas de gestión de los pastizales y del suelo del país.

Si es posible, deben utilizarse estimaciones de superficie espacialmente explícitas a fin de facilitar una cobertura completa de los pastizales y asegurarse de que las superficies no se sobreestimen ni se subestimen. Además, las estimaciones de superficie espacialmente explícitas se pueden relacionar con las tasas de acumulación y absorción de carbono localmente pertinentes, así como la repoblación y los impactos de gestión, lo que mejora la exactitud de las estimaciones.

6.3.1.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN/ABSORCIÓN

Nivel 1

Los métodos de Nivel 1 requieren estimaciones de la biomasa del uso de la tierra antes y después de la conversión. Se supone que se elimina toda la biomasa cuando se prepara un lugar para utilizarlo como pastizal, por lo tanto, el valor por defecto de la biomasa inmediatamente después de la conversión es de 0 ton há⁻¹. Los valores por defecto de la biomasa pueden encontrarse en:

- Tierras forestales antes del desbroce: véase el Capítulo 4 (Tierras forestales);
- Para las tierras de cultivo que contienen cultivos leñosos perennes: véase el capítulo 5 (Tierras de cultivo); y

- Para las Tierras de cultivo que contienen cultivos anuales: Utilice el valor por defecto de 4,7 ton há⁻¹ de carbono o 10 ton há⁻¹ de materia seca. El intervalo de error asociado con este valor por defecto es $\pm 75\%$.

El Cuadro 6.4 proporciona los valores por defecto para las siguientes conversiones de biomasa; sin embargo, hay una amplia variación dentro de cualquier región debida, en gran medida, a las precipitaciones y a la textura del suelo. Estos valores por defecto tienen tasas de error altas y, por lo tanto, si existen mejores datos específicos del país, los países deben utilizar los mejores datos disponibles a nivel local para estimar la biomasa de los pastizales.

CUADRO 6.4 EXISTENCIAS DE BIOMASA POR DEFECTO PRESENTES EN LOS PASTIZALES, DESPUÉS DE LA CONVERSIÓN DE OTRO USO DE LA TIERRA			
Zona climática del IPCC	Biomasa¹ aérea máxima (ton d.m. há⁻¹)	Biomasa² no leñosa total (aérea y subterránea) (ton d.m. há⁻¹)	Error³
Boreal, – Seco y Húmedo ⁴	1,7	8,5	$\pm 75\%$
Templado frío – Seco	1,7	6,5	$\pm 75\%$
Templado frío – Húmedo	2,4	13,6	$\pm 75\%$
Templado cálido – Seco	1,6	6,1	$\pm 75\%$
Templado cálido – Húmedo	2,7	13,5	$\pm 75\%$
Tropical – Seco	2,3	8,7	$\pm 75\%$
Tropical – Húmedo y muy húmedo	6,2	16,1	$\pm 75\%$
¹ Los datos para la biomasa en pie se compilan a partir de promedios multi-anales declarados en pastizales registrados en la base de datos de la ORNL DAAC NPP [http://www.daacsi.ornl.gov/NPP/]. ² Los valores de la biomasa total aérea y subterránea están basados en los valores máximos de la biomasa aérea, y los de la relación biomasa subterránea / biomasa aérea (Cuadro 6.1). ³ Representa una estimación nominal del error, equivalente a dos veces la desviación estándar, como porcentaje de la media. ⁴ Debido a que los datos son limitados, se han combinado las zonas secas y húmedas para el régimen de temperatura boreal y las zonas húmedas y muy húmedas para el régimen de temperatura tropical.			

Nivel 2

Es una *buena práctica* utilizar las estimaciones específicas del país para las existencias de biomasa y las emisiones/absorciones debidas a conversión de la tierra, además de incluir estimaciones de pérdidas *in situ* y en otra parte debidas al quemado y descomposición a causa de la conversión de tierras en pastizales. Estas mejoras pueden tomar la forma de estudios sistemáticos sobre el contenido de carbono y las emisiones y absorciones relacionadas con los usos de la tierra y con las conversiones en el uso de la tierra dentro del país o la región y una reevaluación de las hipótesis empleadas por defecto a la luz de las condiciones específicas del país.

En el método de Nivel 2, se necesitan los datos específicos de la región o del país sobre la biomasa en los pastizales jóvenes. Se los puede obtener mediante diversos métodos, incluso la estimación de la densidad (p. ej., cobertura de las copas) de la vegetación leñosa y herbácea a partir de fotos aéreas o de imágenes satelitales de alta resolución y trazados de mediciones sobre el terreno. La composición en especies, la densidad y la relación biomasa aérea/biomasa subterránea pueden variar mucho para diferentes tipos de pastizales y condiciones y por lo tanto, puede resultar más eficaz estratificar el muestreo y las actividades de sondeo por tipos de pastizales. En el Capítulo 3, Anexo 3A.3, se brinda orientación general sobre técnicas de sondeo y muestreo para los inventarios de biomasa.

Cuando las tierras se convierten en pastizales, es necesario capturar con exactitud la dinámica de la biomasa subterránea para contabilizar los cambios en las existencias de carbono. En el caso del abandono de las Tierras de cultivo, la biomasa subterránea incrementa continuamente a medida que tiene lugar la sucesión del ecosistema. En las tierras convertidas de bosques en tierras de pastura, se produce una descomposición gradual de la biomasa forestal subterránea y un incremento gradual de la biomasa subterránea de los pastos. La estimación de la biomasa subterránea puede ser un componente importante de los sondeos de biomasa de los pastizales, pero las mediciones de campo son laboriosas y difíciles y, por ello, a menudo se utilizan los factores de expansión para estimar la biomasa subterránea a partir de la biomasa aérea.

Las relaciones raíz/tallo muestran una amplia variación de valores tanto en especies individuales (p. ej., Anderson *et al.*, 1972) como a escala comunitaria (p. ej., Jackson *et al.*, 1996; Cairns *et al.*, 1997). Por lo tanto, se recomienda utilizar, siempre que sea posible, relaciones raíz/tallo derivadas empíricamente para una región o

tipo de vegetación. El Cuadro 6.1 proporciona las relaciones raíz/tallo por defecto para los principales ecosistemas de pastizales del mundo. Estos datos pueden utilizarse como valores por defecto para desarrollar relaciones específicas del país si los países no tienen información más específica a nivel regional. Las relaciones para bosque/sabana y matorrales también se incluyen para que las utilicen los países que incluyen estas tierras en sus inventarios en la sección de pastizales.

Nivel 3

Los métodos de Nivel 3 consisten en utilizar una combinación de modelos dinámicos y mediciones de inventario de los cambios en las existencias de biomasa. Este método no emplea cambios de existencias simples o factores de emisión *per se*. Las estimaciones de las emisiones y absorciones con métodos basados en modelos se derivan de la interacción de ecuaciones múltiples que estiman el cambio neto de las existencias de biomasa dentro de los modelos. Pueden utilizarse modelos, conjuntamente con las estimaciones de las existencias basadas en el muestreo periódico, similares a los utilizados en los inventarios forestales detallados, para estimar los cambios de existencias, o las entradas y salidas (como en el Nivel 2 para hacer extrapolaciones espaciales de las superficies de pastizales). Por ejemplo, se pueden emplear modelos validados de crecimiento por especies específicas que consideran los efectos de la gestión tales como la intensidad del pastoreo, el fuego y la fertilización, con los datos correspondientes sobre las actividades de gestión, para estimar los cambios netos de las existencias de biomasa de los pastizales a través del tiempo.

6.3.1.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Todos los niveles requieren estimaciones de superficie de tierra convertidas en Pastizales. Los mismos datos de superficie deben utilizarse para los cálculos de biomasa, materia orgánica muerta y estimaciones de carbono del suelo. Si es necesario, los datos de superficie utilizados en el análisis de suelos pueden agregarse para que coincidan con la escala espacial requerida para estimaciones de orden inferior de biomasa; no obstante, a niveles superiores, en la estratificación deben tenerse en cuenta los tipos de suelos más importantes. Los datos de superficie deben obtenerse utilizando los métodos descritos en el Capítulo 3. Se deben realizar verificaciones cruzadas para asegurar una representación completa y coherente de las tierras convertidas anualmente, a fin de evitar omisiones o cálculos dobles. Los datos deben desagregarse de acuerdo con las categorías generales de clima y los tipos de pastizales. Los inventarios de Nivel 3 van a requerir información más exhaustiva sobre el establecimiento de nuevos pastizales, con información más refinada sobre las clases de suelos, climas y resolución espacial y temporal. Todos los cambios que se hayan producido durante la cantidad de años seleccionada como período de transición deben incluirse con las transiciones más antiguas que el período de transición (por defecto 20 años) declaradas como subdivisión de las *Pastizales que permanecen como tales*. Los niveles superiores requieren mayor detalle, pero el requisito mínimo para que los inventarios sean coherentes con las *Directrices del IPCC* es que la conversión de las superficies forestales se identifique de forma separada. Esto se debe a que, habitualmente, los bosques tienen una mayor densidad de carbono antes de la conversión. Por lo tanto, se va a necesitar, por lo menos, un conocimiento parcial de la matriz de cambios en el uso de la tierra y, así, donde se utilizan los Métodos 1 y 2 del Capítulo 3 para estimar la superficie de tierra, así como sondeos complementarios para identificar la superficie de tierra que se está convirtiendo de Tierras Forestales en Pastizales. Como se señalara en el Capítulo 3, donde se esté comenzando a realizar sondeos, a menudo va a resultar más exacto establecer directamente las superficies bajo conversión que estimarlas de las diferencias de las superficies totales de tierra bajo ciertos usos en particular en diferentes momentos.

Nivel 1

Se necesitan estimaciones de las superficies convertidas en Pastizales, desde los usos de la tierra iniciales (es decir, Tierras forestales, Tierras de cultivo, Asentamientos, etc.) hasta el tipo de pastizal final. La metodología supone que las estimaciones de la superficie están basadas en un marco temporal de un año, después del cual se transfiere a la categoría de *Pastizales que permanecen como tales*. Si las estimaciones de superficie se evalúan en marcos temporales más amplios, deben convertirse en superficies anuales promedio para que coincidan con los valores utilizados de las existencias de carbono. Si los países no cuentan con estos datos, se pueden extrapolar, muestras parciales a la totalidad de la base territorial o estimaciones históricas de conversiones a nivel temporal sobre la base del dictamen de expertos nacionales. Como mínimo, los países pueden confiar en la tasa de deforestación promedio y en las conversiones del uso de la tierra en pastizales procedentes de fuentes internacionales, incluida la FAO (véase el sitio Web FAOSTAT). Los métodos de Nivel 1 pueden utilizar tasas anuales promedio de conversión y superficies estimadas en lugar de las estimaciones directas.

Nivel 2

Constituye una *buena práctica* utilizar estimaciones de superficie reales para todas las transiciones posibles del uso de la tierra inicial al tipo de pastizal final. Se puede lograr una declaración completa ya sea mediante el análisis de imágenes remotas obtenidas periódicamente de las pautas de uso y cobertura de la tierra, a través de muestreos periódicos en el terreno de las pautas de uso de la tierra, o aplicando sistemas de inventario híbridos.

Nivel 3

Los datos de la actividad que se empleen en los cálculos de Nivel 3 deben proporcionar una contabilización completa de todas las transiciones en el uso de la tierra a pastizales y deben estar desagregados para tener en cuenta las diferentes condiciones dentro de un país. La desagregación puede ser por fronteras políticas (condado, provincia, etc.), superficie de bioma, zona climática o una combinación de estos parámetros. En muchos casos, los países pueden contar con información sobre tendencias de varios años en conversión de la tierra (de inventarios del uso de la tierra y su cobertura obtenidos sobre la base de muestreos o por detección remota).

6.3.1.4 PASOS DE CÁLCULO PARA LOS NIVELES 1 Y 2

A continuación se resumen los pasos para estimar el cambio en las existencias de carbono en biomasa (ΔC_B) empleando los métodos por defecto

Se han proporcionado hojas de trabajo para completar las estimaciones de Nivel 1 de las emisiones y absorciones de esta categoría (véase el Anexo 1 Hojas de trabajo AFOLU). Para este cálculo, se ha simplificado la Ecuación 2.15. La hipótesis para el Nivel 1 es que ΔC_G y ΔC_L son iguales a cero. Por lo tanto, el único término que necesita calcularse es $\Delta C_{CONVERSIÓN}$, que se calcula con la Ecuación 2.16. Para las tierras convertidas en pastizales, se computa dos veces la Ecuación 2.16, una vez para la biomasa herbácea y otra vez para la biomasa leñosa. Esto se realiza porque cada uno de estos componentes tiene una fracción de carbono distinta.

Nivel 1

En el Nivel 1, sólo hay que calcular los cambios abruptos. La hipótesis de simplificación es que los cambios de existencia se producen en el año de la conversión. Por lo tanto, para las conversiones con más de un año, pero que todavía se encuentren en período de transición, se supone que no hay cambios netos en las existencias de C de la biomasa.

Paso 1: determinar las categorías de conversión de la tierra a utilizar en esta evaluación y la superficie representativa. El Nivel 1 requiere estimaciones de las superficies convertidas en Pastizales, desde los usos de la tierra iniciales (es decir, Tierras forestales, Tierras de cultivo, Asentamientos, etc.) hasta el tipo de pastizal final. Cuando se realizan cálculos de las tierras en la fase de transición, sólo se necesita la superficie total de la tierra convertida durante los 20 años anteriores, puesto que la hipótesis para el Nivel 1 es que todos los cambios en las existencias de C de la biomasa tienen lugar durante el primer año.

Paso 2: determinar las categorías de actividad a utilizar en esta evaluación y las superficies representativas. La categoría de la actividad está compuesta por definiciones del tipo de conversión y, de corresponder, por la naturaleza de la gestión de la previa cobertura terrestre y por la gestión de los pastizales (p. ej., «conversión de bosques estacionales tropicales talados en pasturas para ganado con gramíneas exóticas»).

Paso 3: para cada categoría de la actividad, determinar la biomasa por hectárea en la biomasa herbácea y la biomasa leñosa (por separado) antes de la conversión. Si no existen datos de la biomasa subterránea, utilizar las relaciones biomasa subterránea/biomasa aérea para estimar el componente de la biomasa subterránea. Los valores por defecto pueden encontrarse en el capítulo que se refiere a la categoría de otros usos de la tierra.

Paso 4: para cada categoría de la actividad, determinar la biomasa por hectárea en la biomasa herbácea y la biomasa leñosa (por separado) al año de la conversión en pastizales. Si no existen datos de la biomasa subterránea, utilizar las relaciones biomasa subterránea/biomasa aérea para estimar el componente de la biomasa subterránea. Los valores por defecto para la biomasa herbácea se proporcionan en el Cuadro 6.4.

Paso 5: determinar las fracciones de carbono apropiadas para la biomasa herbácea y leñosa. Los valores por defecto son de $0,5 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1}$ para la biomasa leñosa y de $0,47 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1}$ para la biomasa herbácea.

Paso 6: estimar el cambio neto de las existencias de carbono en la biomasa leñosa y herbácea (por separado) restando la biomasa final de la biomasa inicial, y multiplicando esta diferencia por la superficie representativa de la actividad y por la fracción de carbono del componente de la biomasa. Un valor negativo indica un incremento de la biomasa.

Paso 7: sumar los cambios en las existencias de carbono en la biomasa leñosa y la biomasa herbácea para determinar el cambio neto en las existencias de carbono de la biomasa para cada categoría de la actividad. Deben calcularse los subtotales para cada tipo de conversión y debe calcularse el total general e introducirse al final de la última columna del cuadro.

Nivel 2

Paso 1: determinar las categorías de conversión de la tierra a utilizar en esta evaluación y la superficie representativa. Cuando el cálculo se realice para tierras en la fase de transición, se requiere contar con superficies representativas de cada categoría en las distintas etapas de la conversión.

Paso 2: Cambios abruptos

- Determinar las categorías de actividad a utilizar en esta evaluación y las superficies representativas. La categoría de la actividad está compuesta por definiciones del tipo de conversión y, de corresponder, por la naturaleza de la gestión de la previa cobertura terrestre y por la gestión de los pastizales (p. ej., «conversión de bosques estacionales tropicales talados en pasturas para ganado con gramíneas exóticas»).
- Para cada categoría de la actividad, determinar la biomasa por hectárea en la biomasa herbácea y la biomasa leñosa (por separado) antes de la conversión. Si no existen datos de la biomasa subterránea, utilizar las relaciones biomasa subterránea/biomasa aérea para estimar el componente de la biomasa subterránea.
- Para cada categoría de la actividad, determinar la biomasa por hectárea en la biomasa herbácea y la biomasa leñosa (por separado) al año de la conversión en pastizales. Si no existen datos de la biomasa subterránea, utilizar las relaciones biomasa subterránea/biomasa aérea para estimar el componente de la biomasa subterránea.
- Determinar las fracciones de carbono apropiadas para la biomasa herbácea y leñosa. Los valores por defecto son de 0,5 ton C (ton d.m.)⁻¹ para la biomasa leñosa y de 0,47 ton C (ton d.m.)⁻¹ para la biomasa herbácea.
- Estimar el cambio neto de la biomasa de leñosa y herbácea por hectárea por cada tipo de conversión, restando la biomasa final de la inicial, y multiplicando esta diferencia por la superficie representativa de la actividad y por la fracción de carbono del componente de la biomasa. Un valor negativo indica un incremento de la biomasa.
- Sumar los cambios en las existencias de carbono en la biomasa leñosa y la biomasa herbácea para determinar el cambio neto en las existencias de carbono de la biomasa para cada categoría de la actividad. Deben calcularse los subtotales para cada tipo de conversión y el total general.

Paso 3: Cambios de la transición

- Determinar las categorías y los cohortes a utilizar en esta evaluación y las superficies representativas. La categoría está compuesta por definiciones del tipo de conversión y, de corresponder, por la naturaleza de la gestión de la previa cobertura terrestre y por la gestión de los pastizales (p. ej., «conversión de bosques estacionales tropicales talados en pasturas para ganado con gramíneas exóticas»).
- Determinar la tasa de cambio anual de la biomasa herbácea y leñosa (por separado) por tipo de actividad, aplicando el Método de ganancias y pérdidas o el Método de diferencia de existencias (véase más adelante) para cada cohorte de tierras que actualmente se encuentran en su fase de transición entre la conversión y un nuevo sistema de pastizales de régimen constante.
- Determinar la biomasa herbácea y leñosa en el cohorte durante el año anterior (generalmente tomado del inventario anterior).
- Calcular el cambio biomasa herbácea y leñosa para cada cohorte sumando la tasa de cambio neta a las existencias del año anterior.

Método de ganancias y pérdidas (Ecuación 2.7 del Capítulo 2)

- Determinar el incremento anual promedio de biomasa herbácea y leñosa (por separado).
- Determinar la pérdidas anuales promedio de biomasa herbácea y leñosa (por separado).
- Determinar la tasa de cambio neto de biomasa herbácea y leñosa restando la pérdida del incremento.

Método de diferencia de existencias (Ecuación 2.8 del Capítulo 2)

- Determinar el intervalo temporal del inventario, las existencias promedio de biomasa herbácea y leñosa en el inventario inicial, y la biomasa promedio herbácea y leñosa del inventario final.
- Utilizar estos valores para estimar la diferencia anual en la biomasa herbácea y leñosa, restando las existencias iniciales de las existencias finales y dividiendo esta diferencia por la cantidad de años transcurridos entre la realización de los inventarios. Un valor negativo indica una pérdida en las existencias.
- Un método de Nivel 2 requiere factores de expansión específicos del país o del ecosistema, y deben usarse (y documentarse) los mejores datos de que se disponga localmente.

6.3.1.5 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Los análisis de incertidumbre para *Tierras convertidas en pastizales* son básicamente los mismos que para *Pastizales que permanecen como tales*. En los inventarios de C existen dos fuentes de incertidumbre: 1)

incertidumbres en los datos de la actividad de uso y gestión de la tierra y del medio ambiente; 2) incertidumbres en el incremento y la pérdida del carbono, las existencias de carbono y los términos de los factores de expansión en los factores de cambio/emisión de existencias para los métodos de Nivel 2, error en la estructura/los parámetros del modelo para los métodos basados en el modelo de Nivel 3, o errores de medición/variabilidad en el muestreo relacionados con los inventarios basados en mediciones de Nivel 3. Véase la sección sobre incertidumbre en *Pastizales que permanecen como tales* para un análisis adicional (Sección 6.2.1.5).

6.3.2 Materia orgánica muerta

En esta sección se presentan los cambios de las existencias de carbono en los depósitos de materia orgánica muerta (DOM, del inglés *Dead Organic Matter*) para la categoría de tierra *Tierras convertidas en pastizales*. Potencialmente, las Tierras de cultivo, las Tierras forestales, los Asentamientos y otras categorías de uso de la tierra pueden convertirse en Pastizales. Se suministran métodos para dos tipos de depósitos de materia orgánica muerta: 1) madera muerta, y 2) hojarasca. El Capítulo 1 de este Volumen proporciona definiciones detalladas de estos depósitos. Las características de la madera muerta y la hojarasca se describen en la Sección 6.2.2.

Estimar los cambios en las existencias de carbono en la DOM para *Tierras convertidas en pastizales* requiere un método de dos fases similar al descrito en la Sección Biomasa (Sección 6.3.1). Durante la primera fase, se produce, a menudo, un cambio abrupto en la DOM relacionada con el cambio en el uso de la tierra, particularmente cuando el cambio es deliberado y relacionado con las operaciones de preparación del terreno (p. ej., desbroce y quemado). En la segunda fase se consideran los procesos de descomposición y acumulación durante un período de transición a un nuevo sistema de régimen constante. En cierto momento, el ecosistema de pastizales debe alcanzar un equilibrio, momento en el cual se lo puede considerar *Pastizales que permanecen como tales* y contabilizarse bajo esa categoría. El período de transición por defecto que sigue a la conversión es de 20 años; pero los países pueden determinar el periodo de transición que consideren apropiado.

A fin de considerar el período de transición, las tierras convertidas en pastizales deben tratarse como cohortes anuales. Es decir, las tierras convertidas durante un año dado deben contabilizarse bajo la Fase 1 en el año de la conversión y, bajo la Fase 2, en los 19 años subsiguientes. Al finalizar el periodo de 20 años, la superficie de tierra de ese año se suma a la contabilizada bajo la categoría *Pastizales que permanecen como tales*.

Es probable que muchos usos de la tierra no tengan un depósito de madera muerta u hojarasca, de modo que puede suponerse que los depósitos de carbono correspondientes anteriores a la conversión son cero. Los bosques, los sistemas agroforestales y los humedales convertidos en Pastizales podrían tener cantidades significativas de carbono en estos depósitos, así como las áreas forestales que rodean los asentamientos que se puedan haber definido como asentamientos en base al uso cercano y no como cobertura de la tierra.

Es probable que un cierto número de superficies de tierra convertidas en pastizales no tengan una transición abrupta (p. ej., las tierras de cultivo que se abandonan y vuelven a ser pastizales). En este caso, no son apropiadas las hipótesis de la Fase 1, y hay una transición gradual de los depósitos de DOM hasta alcanzarse un nuevo equilibrio. Cuando sucede de este tipo de conversión, la contabilización global puede tratarse con como Fase 2.

La conversión de tierras en pastizales a menudo incluye el desbrozado y el quemado. Una vez que se desbroza la tierra, la DOM puede extraerse para madera combustible u otros usos. Los países pueden tratar de cuantificar estas extracciones y contabilizarlas para el carbono de otros sectores (p. ej., Energía). Además, quemar la vegetación que queda no elimina por completo la DOM, y parte se convierte en carbón vegetal. A niveles más altos, los países pueden preferir contabilizar esta transferencia a un depósito de almacenamiento a largo plazo.

6.3.2.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

El árbol de decisiones de la Figura 2.3 del Capítulo 2 ofrece ayuda para la selección del nivel de método apropiado para la aplicación de los procedimientos de estimación. La estimación de los cambios en las existencias de carbono en DOM requiere una estimación de los cambios de las existencias de madera muerta y hojarasca. Cada uno de los depósitos de DOM (madera muerta y hojarasca) debe tratarse por separado, pero el método para cada depósito es el mismo.

Nivel 1

Un método de Nivel 1 implica estimar la superficie de cada tipo de conversión de la tierra empleando sólo las categorías de conversión más importantes (p. ej., Tierras forestales en Pastizales). El cambio inmediato y abrupto de la existencia de carbono (Fase 1) en la madera muerta y la hojarasca debido a la conversión de otras tierras en Pastizales bajo el Nivel 1 se estima utilizando la Ecuación 2.23, donde C_0 es igual a cero y T_{om} es igual a 1. El Nivel 1 supone por defecto que se elimina toda la madera muerta y la hojarasca durante la conversión y que no permanece ni se acumula madera muerta u hojarasca en las *Tierras convertidas en pastizales*. Se alienta a

los países en los que se sabe que tal hipótesis es falsa (p. ej., donde se practican ampliamente la tala de broza y el quemado) a utilizar un nivel superior para contabilizar las tierras convertidas en Pastizales. Además, debe suponerse que los pastizales alcanzan su biomasa de régimen constante durante el primer año posterior a la conversión. Por consiguiente, en el Nivel 1, no hay emisiones ni absorciones asociadas con la Fase 2, aunque las tierras convertidas en Pastizales deben mantenerse en la categoría de conversión durante un periodo de transición de 20 años, puesto que las existencias del suelo tardan más tiempo en alcanzar el equilibrio.

En la mayoría de los sistemas, no se dispone de valores por defecto de madera muerta y hojarasca. En cuanto a los bosques, no hay valores internacionales por defecto para madera muerta, pero sí los hay para hojarasca (Cuadro 2.2 del Capítulo 2). Los países deben realizar sus mejores estimaciones y utilizar datos locales de instituciones de investigación forestal y agrícola a fin de suministrar las mejores estimaciones de madera muerta y hojarasca del sistema inicial, previo a la conversión.

Nivel 2

Los métodos de Nivel 2 requieren una desagregación mayor que la empleada en el Nivel 1. Los datos de la actividad deben declararse por zonas ecológicas y regímenes de gestión.

Como se explicó anteriormente en la sección sobre biomasa (Sección 6.3.1), los impactos inmediatos de las actividades de conversión de la tierra sobre los cinco depósitos de carbono pueden resumirse en una «matriz de perturbación». Allí se describen la retención, las transferencias y las liberaciones de carbono de los depósitos del ecosistema original que siguen a la conversión en Pastizales. Una matriz de perturbación define la proporción de carbono que permanece en ese depósito y la proporción que se transfiere a otros depósitos. Son posibles un pequeño número de transferencias que se plantean en la matriz de perturbación del Cuadro 2.1 del Capítulo 2. El uso de dicha matriz garantiza la coherencia del cómputo de todos los depósitos de carbono.

El cambio inmediato y abrupto en las existencias de carbono de la madera muerta debido a la conversión de otras tierras en Pastizales bajo los Niveles 2 y 3 se estima utilizando la Ecuación 2.23. Durante el periodo de transición, los depósitos que ganan o pierden C tienen a menudo una curva de pérdida o acumulación no lineal que puede representarse a través de sucesivas matrices de transición. En el Nivel 2, se puede suponer una función de cambio lineal; en un enfoque de Nivel 3 basado en estos métodos deben utilizarse las verdaderas formas de las curvas. Estas curvas deben aplicarse a cada cohorte que esté bajo transición durante el año de declaración a fin de estimar los cambios anuales de los depósitos de carbono en madera muerta y hojarasca.

Para el cálculo de los cambios en el carbono de la madera muerta y la hojarasca durante la fase de transición, se sugieren dos métodos:

Método de ganancias y pérdidas (Ecuación 2.18 del Capítulo 2): este método implica estimar la superficie de cada tipo de conversión de la tierra y el promedio anual de transferencia hacia y desde las existencias de madera muerta y hojarasca. Esto requiere una estimación de la superficie bajo *Tierras convertidas en pastizales* según los diferentes tipos de clima o zonas ecológicas o tipos de pastizales, el régimen de perturbación, de gestión u otros factores que afecten significativamente los depósitos de carbono de la madera muerta y hojarasca y la cantidad de biomasa transferida a las existencias de madera muerta y hojarasca, así como la cantidad de biomasa transferida fuera de las existencias de madera muerta y hojarasca por hectárea y según los diferentes tipos de pastizales.

Método de diferencia de existencias (véase la Ecuación 2.19 del Capítulo 2): Este método implica estimar la superficie de las *Tierras convertidas en pastizales* y las existencias de madera muerta y hojarasca en dos momentos dados, t_1 y t_2 . Los cambios anuales ocurridos en las existencias de madera muerta y hojarasca en el año del inventario se calculan dividiendo los cambios en las existencias por el periodo (años) transcurrido entre dos mediciones. Este método se puede aplicar en los países en los que se realizan inventarios periódicos. Puede no ser muy apropiado en las regiones con climas muy variables y puede producir resultados espurios, a menos que se lleven a cabo inventarios anuales.

Nivel 3

En cuanto al Nivel 3, los países deben desarrollar sus propias metodologías y parámetros para estimar los cambios de DOM. Estas metodologías se pueden derivar de cualquiera de los dos métodos antes especificados, o pueden basarse en otros métodos. El método utilizado debe documentarse claramente. El Método de diferencia de existencias descrito anteriormente puede resultar apropiado para los países que adoptan los métodos de Nivel 3. Se emplean dichos métodos en los países que cuentan con factores de emisión específicos del país y con datos sustanciales a nivel nacional. La metodología definida para el país puede basarse en inventarios detallados de parcelas de muestreo permanente de sus tierras de cultivo y/o modelos.

6.3.2.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN/ABSORCIÓN

Fracción de carbono: la fracción de carbono de la madera muerta y la hojarasca es variable y depende de la etapa de descomposición. La madera es mucho menos variable que la hojarasca y se puede utilizar un valor de 0,5 ton C (ton d.m.)⁻¹ para la fracción de carbono. Los valores de la hojarasca en los pastizales varían entre 0,3 y 0,5 ton de C (ton d.m.)⁻¹. Cuando no existen datos específicos del país o del ecosistema, los países deben utilizar un valor de la fracción de carbono de 0,4 ton de C (ton d.m.)⁻¹.

Nivel 1

En el Nivel 1, se supone que las existencias de madera muerta y hojarasca de las tierras convertidas en pastizales se pierden en su totalidad durante la conversión y que no hay acumulación de nueva DOM en los pastizales, con posterioridad a la conversión. Se aconseja que los países que experimenten conversiones significativas de otros ecosistemas en pastizales desarrollen datos nacionales para estimar este impacto, y declararlos bajo la metodología de Nivel 2 o 3.

Nivel 2

Es una *buena práctica* utilizar datos de nivel nacional sobre madera muerta y hojarasca para diferentes categorías de pastizales, en combinación con valores por defecto, si no se dispone de valores específicos del país o de la región respecto a algunas categorías de conversión. Los valores específicos del país para la transferencia de carbono de árboles vivos y hierbas cosechados a residuos de cosecha y las tasas de descomposición, en el caso del Método de ganancias y pérdidas o el cambio neto en los depósitos de DOM, en el caso del Método de diferencia de existencias, pueden derivarse de los factores de expansión nacionales, teniendo en cuenta el tipo de pastizal, el índice de utilización de la biomasa, las prácticas de cosecha, y la cantidad de vegetación deteriorada durante las operaciones de cosecha. Los valores específicos del país en cuanto a regímenes de perturbaciones deben derivarse de estudios científicos.

Nivel 3

Las estimaciones de carbono en DOM desagregado a nivel nacional deben determinarse como parte de un inventario nacional de pastizales, de modelos de nivel nacional o de un programa de inventarios específico para gases de efecto invernadero, con muestreos periódicos según los principios establecidos en el Capítulo 3, Anexo 3A.3. Los datos del inventario se pueden acompañar de estudios de modelización para poder capturar la dinámica de todos los depósitos de carbono de los pastizales.

Los métodos del Nivel 3 permiten obtener estimaciones con mayor certidumbre que los métodos inferiores y se caracterizan por una mejor relación entre los distintos depósitos de carbono. Algunos países han desarrollado matrices de perturbación que dan como resultado una pauta de re-atribución de carbono entre los distintos depósitos para cada tipo de perturbación. Otros parámetros importantes en la modelización del balance de carbono en DOM son las tasas de descomposición, que pueden variar según el tipo de madera y las condiciones climáticas, y los procedimientos de preparación de la tierra (p. ej., corta y quema controladas, o quema de pilas).

6.3.2.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Todos los niveles requieren estimaciones de superficies de tierra convertidas en Pastizales. Los mismos datos de superficie deben utilizarse para los cálculos de biomasa, materia orgánica muerta y estimaciones de carbono del suelo. Si es necesario, los datos de superficie utilizados en el análisis de suelos pueden agregarse para que coincidan con la escala espacial requerida para estimaciones de menor orden de biomasa; no obstante, a niveles superiores, en la estratificación deben tenerse en cuenta los tipos de suelos más importantes. Los datos de superficie deben obtenerse utilizando los métodos descritos en el Capítulo 3. Se deben realizar verificaciones cruzadas para asegurar la representación completa y coherente de las tierras convertidas anualmente, a fin de evitar omisiones o cálculos dobles. Los datos deben desagregarse de acuerdo con las categorías generales de clima y tipos de pastizales. Los inventarios de Nivel 3 van a requerir información más exhaustiva sobre el establecimiento de nuevos pastizales, con información más refinada sobre las clases de suelos, climas y resolución espacial y temporal. Todos los cambios que se hayan producido durante el número de años seleccionado como período de transición se incluyen con las transiciones más antiguas que el período de transición (por defecto 20 años) declaradas como subdivisión de los *Pastizales que permanecen como tales*. Los niveles superiores requieren mayor detalle, pero el requisito mínimo para que los inventarios sean coherentes con las *Directrices del IPCC* es que la conversión de las superficies forestales se identifique de forma separada. Esto se debe a que, habitualmente, los bosques tienen una mayor densidad de carbono antes de la conversión. Esto implica que se va a necesitar, por lo menos, un conocimiento parcial de la matriz de cambios en el uso de la tierra y, por lo tanto, donde se utilizan los Métodos 1 y 2 del Capítulo 3 para estimar la superficie de tierra, así como sondeos complementarios para identificar la superficie de tierra que se está convirtiendo de Tierras forestales en pastizales. Como se señalara en el Capítulo 3, donde se esté comenzando a realizar sondeos, a

menudo va a resultar más exacto establecer directamente las superficies bajo conversión que estimarlas a partir de las diferencias de las superficies totales de tierra bajo ciertos usos en particular en diferentes momentos.

El Capítulo 3 proporciona una orientación general sobre los métodos para obtener y categorizar las superficies según las diferentes clases de usos de la tierra. Para estimar las emisiones y absorciones de esta fuente, los países deben obtener las estimaciones de la superficie para la conversión en pastizales, desagregada, como se requiere para que corresponda con los factores de emisión disponibles y otros parámetros.

6.3.2.4 PASOS DE CÁLCULO PARA LOS NIVELES 1 Y 2

Para el Nivel 1, sólo es necesario calcular el cambio abrupto, y esto se lleva a cabo utilizando la Ecuación 2.23, en la que C_0 es igual a cero y T_{on} es igual a 1. El Nivel 1 supone por defecto que se elimina toda la madera muerta y hojarasca durante la conversión, y que no permanece o se acumula madera muerta ni hojarasca en las *Tierras convertidas en pastizales*. Por lo tanto, para las conversiones con más de 1 año, pero que todavía se encuentren en período de transición, se supone que no hay cambios en las existencias de C de la biomasa.

Nivel 1

Paso 1: determinar las categorías de conversión de la tierra a utilizar en esta evaluación y la superficie representativa. El Nivel 1 requiere estimaciones de las superficies convertidas en Pastizales, desde los usos de la tierra iniciales (es decir, Tierras Forestales, Tierras de cultivo, Asentamientos, etc.) hasta el tipo de pastizal final. Cuando se realizan cálculos de las tierras en la fase de transición, sólo se necesita la superficie total de la tierra convertida durante los 20 años anteriores, puesto que la hipótesis para el Nivel 1 es que no se acumulan las existencias de C en la DOM durante el primer año. Nótese que todos los pastizales con más de 20 años deben contabilizarse en el rubro *Pastizales que permanecen como tales*. Por tanto, las superficies de pastizales con 21 años deben ser transferidas a esta categoría.

Paso 2: determinar las categorías de actividad a utilizar en esta evaluación y las superficies representativas. La categoría de la actividad está compuesta por definiciones del tipo de conversión y, de corresponder, por la naturaleza de la gestión de la previa cobertura terrestre y por la gestión de los pastizales (p. ej., «conversión de bosques estacionales tropicales talados en pasturas para ganado con gramíneas exóticas»).

Paso 3: para cada categoría de actividad, determinar la existencia de C por hectárea en la madera muerta y hojarasca (por separado) previa a la conversión. Los valores por defecto, si existen, pueden encontrarse en el capítulo que se refiere a la categoría de otros usos de la tierra.

Paso 4: para cada categoría de actividad, se supone que la existencia de C por hectárea en la madera muerta y la hojarasca (por separado) al año de la conversión en pastizales es cero.

Paso 5: determinar las fracciones de carbono apropiadas para la biomasa de madera muerta y hojarasca. El valor por defecto es de 0,5 ton C (ton d.m.)⁻¹ para madera muerta y de 0,4 ton C (ton d.m.)⁻¹ para hojarasca.

Paso 6: estimar el cambio neto de las existencias de carbono en madera muerta y hojarasca (por separado) restando la existencia final de la existencia inicial, y multiplicando esta diferencia por la superficie representativa de la actividad y por la fracción de carbono del componente de la biomasa.

Paso 7: sumar los cambios de las existencias de carbono en la madera muerta y la hojarasca para determinar el cambio neto en las existencias de carbono de la DOM para cada categoría de la actividad. Deben calcularse los subtotales para cada tipo de conversión y debe calcularse el total general e introducirse al final de la última columna del cuadro.

Nivel 2

Paso 1: determinar las categorías de conversión de la tierra a utilizar en esta evaluación y la superficie representativa. Cuando el cálculo se realice para tierras en la fase de transición, se requiere contar con superficies representativas de cada categoría en las distintas etapas de la conversión.

Paso 2: Cambios abruptos

- Determinar las categorías de actividad a utilizar en esta evaluación y las superficies representativas. La categoría de la actividad está compuesta por definiciones del tipo de conversión y, de corresponder, por la naturaleza de la gestión de la cobertura terrestre previa y por la gestión de los pastizales (p. ej., «conversión de bosques estacionales tropicales talados en pasturas para ganado con gramíneas exóticas»).
- Para cada categoría de actividad, determinar la masa de C por hectárea en la madera muerta y hojarasca (por separado) previa a la conversión.

- Para cada categoría de actividad, determinar la masa por hectárea de madera muerta y hojarasca (por separado) un año después de la conversión en pastizal.
- Determinar las fracciones de carbono apropiadas de la madera muerta y hojarasca. Los valores por defecto son de 0,50 ton C (ton d.m.)⁻¹ para madera muerta y de 0,40 ton C (ton d.m.)⁻¹ para hojarasca.
- Estimar el cambio neto de existencias de C en la madera muerta y la hojarasca (por separado) para cada tipo de conversión restando las existencias finales de las iniciales, y multiplicando esta diferencia por la superficie representativa de la actividad y por la fracción de carbono del componente de la biomasa. Un valor negativo indica un incremento de la DOM.
- Sumar los cambios de las existencias de carbono en la madera muerta y la hojarasca para determinar el cambio neto en las existencias de C para cada categoría de la actividad. Deben calcularse los subtotales para cada tipo de conversión y el total general.

Paso 3: Cambios de la transición

- determinar las categorías y los cohortes a utilizar en esta evaluación y las superficies representativas. La categoría está compuesta por definiciones del tipo de conversión y, de corresponder, por la naturaleza de la gestión de la cobertura terrestre previa y por la gestión de los pastizales (p. ej., «conversión de bosques estacionales tropicales talados en pasturas para ganado con gramíneas exóticas»).
- Determinar la tasa de cambio anual de la madera muerta y la hojarasca (por separado) por tipo de actividad, aplicando el Método de ganancias y pérdidas o el Método de diferencia de existencias (ver más adelante) para cada cohorte de tierras que actualmente se encuentra en su fase de transición entre la conversión y un nuevo sistema de pastizales en régimen constante.
- Determinar la madera muerta y la hojarasca del cohorte durante el año anterior (generalmente tomado del inventario anterior).
- Estimar el cambio en la madera muerta y la hojarasca para cada cohorte sumando la tasa de cambio neto a las existencias del año anterior.

Método de ganancias y pérdidas (Ecuación 2.18 del Capítulo 2)

- Determinar las entradas anuales promedio de madera muerta y hojarasca (por separado).
- Determinar las pérdidas anuales promedio de madera muerta y hojarasca (por separado).
- Determinar la tasa de cambio neto de madera muerta y hojarasca restando la pérdida del incremento.

Método de diferencia de existencias (Ecuación 2.19 del Capítulo 2)

- Determinar el intervalo temporal del inventario, las existencias promedio de madera muerta y hojarasca en el inventario inicial, y el promedio de madera muerta y hojarasca del inventario final.
- Utilizar estos valores para estimar el cambio neto en la madera muerta y hojarasca, restando la existencia inicial de la final y dividiendo esta diferencia por la cantidad de años transcurridos entre la realización de los inventarios. Un valor negativo indica una pérdida en las existencias.
- Un método de Nivel 2 requiere factores de expansión específicos del país o específicos del ecosistema y deben usarse (y documentarse) los mejores datos de que se disponga localmente.

6.3.2.5 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Los análisis de incertidumbre para *Tierras convertidas en pastizales* son fundamentalmente los mismos que para *Pastizales que permanecen como tales*. En los inventarios de C existen dos fuentes de incertidumbre: 1) incertidumbres en los datos sobre actividad de uso y gestión de la tierra y sobre el medio ambiente; 2) incertidumbres en el incremento y la pérdida del carbono, las existencias de carbono y los términos de los factores de expansión en los factores de cambio/emisión de existencias para los métodos de Nivel 2, error en la estructura/los parámetros del modelo para los métodos basados en el modelo de Nivel 3, o errores de medición/variabilidad en el muestreo relacionados con los inventarios basados en mediciones de Nivel 3. Véase la sección sobre incertidumbre en *Pastizales que permanecen como tales* para un análisis adicional (Sección 6.2.2.5).

6.3.3 Carbono del suelo

La gestión de los pastizales que incluya el drenaje genera emisiones del suelo orgánico, independientemente del uso anterior de la tierra. Sin embargo, el impacto de los suelos minerales es menos claro en las tierras convertidas en Pastizales. La bibliografía sobre uno de los tipos de conversión dominante a nivel mundial (de Tierras forestales en Pastizales en los trópicos) proporciona pruebas para las ganancias netas y las pérdidas netas del C del suelo, y se sabe que la gestión específica del pastizal después de la conversión es clave (p. ej., Veldkamp, 2001).

Se suministran información general y orientación sobre cómo estimar cambios en las existencias de C del suelo en la Sección 2.3.3 del Capítulo 2 (incluyendo ecuaciones) y esa sección debe leerse antes de continuar con el análisis de las directrices específicas referidas a las existencias de C del suelo en pastizales. El cambio total de las existencias de C del suelo en las *Tierras convertidas en pastizales* se estima utilizando la Ecuación 2.24 para el cambio en las existencias de C orgánico del suelo para suelos minerales y orgánicos, y los cambios en las existencias están asociados con los depósitos de C inorgánico del suelo (si se estima en el Nivel 3). En esta sección se brinda orientación específica para estimar los cambios en las existencias de C orgánico del suelo. Hay un análisis general en la Sección 2.3.3 del Capítulo 2 sobre el C inorgánico del suelo y aquí no se brinda información adicional sobre este tema.

A fin de contabilizar los cambios en las existencias de C del suelo relacionados con *Tierras convertidas en pastizales*, los países deben tener, como mínimo, estimaciones de la superficie de las *Tierras convertidas en pastizales* durante el período de inventario, estratificadas por región climática y por tipo de suelo. Si los datos sobre uso de la tierra y gestión son limitados, se pueden emplear datos agregados, como las estadísticas de la FAO, como punto de partida, junto con el conocimiento de los expertos nacionales sobre la distribución aproximada de los tipos de uso de la tierra que se convierten y su respectiva gestión. Si se desconocen los usos de la tierra y las conversiones anteriores, igual se pueden calcular los cambios de existencias de SOC empleando los métodos provistos bajo *Pastizales que permanecen como tales*, aunque es factible que la base territorial sea diferente para los pastizales en el año en curso con respecto al año de inicio del inventario. No obstante, es clave que el total de la superficie territorial contabilizada para todos los sectores de uso de la tierra sea la misma durante el tiempo que lleve el inventario (p. ej., si se convierten 3 millones de hectáreas de tierras forestales y tierras de cultivo en pastizales durante el período del inventario, entonces los pastizales tendrán un adicional de 3 millones de hectáreas en el último año del inventario, mientras que las tierras de cultivo y las tierras forestales tendrán la correspondiente pérdida de 3 millones de hectáreas en ese último año). Las *Tierras convertidas en pastizales* se estratifican según las regiones climáticas, la gestión y los principales tipos de suelos, lo que puede basarse en clasificaciones por defecto o específicas del país. Esto se puede lograr mediante superposiciones de mapas apropiados de clima y suelos, junto con datos espacialmente explícitos en cuanto a la ubicación de las conversiones de las tierras.

6.3.3.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

Pueden desarrollarse los inventarios empleando métodos de Niveles 1, 2 o 3, en los que cada uno de los sucesivos Niveles requiere más detalles y recursos que el anterior. También es posible que haya países que utilicen diferentes niveles para preparar las estimaciones de cada subcategoría en particular de C del suelo (es decir, cambios en las existencias de C orgánico en suelos minerales y orgánicos; y cambios de existencias relacionados con depósitos de C inorgánico en el suelo). En el Capítulo 2, se proporcionan árboles de decisión para suelos minerales (Figura 2.4) y para suelos orgánicos (Figura 2.5) a fin de asistir a los compiladores del inventario en la selección del nivel adecuado para su inventario de C del suelo.

Suelos minerales

Nivel 1

Utilizando la Ecuación 2.25 (Capítulo 2), el cambio en las existencias de C orgánico del suelo puede estimarse para suelos minerales contabilizando el impacto de la conversión en pastizales. El método es básicamente el mismo que el que se usa para *Pastizales que permanecen como tales*, excepto que la preconversión de las existencias de C depende de los factores de cambio para otro uso de la tierra. Específicamente, las existencias iniciales (antes de la conversión) de C orgánico del suelo ($SOC_{(0-T)}$) y las existencias del último año del período de inventario (SOC_0) se contabilizan a partir de las existencias de referencia por defecto de C orgánico del suelo (SOC_{REF}) y los factores de cambio de existencias (F_{LU} , F_{MG} , F_I). Nótese que la superficie de roca firme en las Tierras forestales no se incluye en el cálculo de las existencias de C del suelo (se supone una existencia 0). Las tasas anuales de cambio de existencias se estiman basándose en la diferencia en las existencias (a través del tiempo) para el primer y el último año del período de inventario, dividido por la dependencia temporal de los factores de cambio de existencias (D , el valor por defecto es de 20 años).

Nivel 2

En el método de Nivel 2 para suelos minerales también se utiliza la Ecuación 2.25, pero se incluyen las existencias de C de referencia específicas del país o la región y/o los factores de cambio de existencias y, datos de la actividad en el uso de la tierra y datos ambientales más desagregados.

Nivel 3

Los métodos del Nivel 3 van a incluir modelos más detallados y específicos del país y/o enfoques basados en mediciones, así como datos de uso y gestión de la tierra muy desagregados. Constituye una *buena práctica* que los métodos de Nivel 3 con los que se estimen los cambios de C en el suelo producidos por conversiones en Pastizales empleen modelos, redes de monitorización y/o conjuntos de datos representativos de la transiciones ocurridas a través del tiempo de otros usos de la tierra, incluyendo tierras forestales, tierras de cultivo y, posiblemente, asentamientos u otras tierras. Si es posible, también se recomienda que los métodos de Nivel 3 se integren con estimaciones de la remoción de biomasa y el tratamiento de post-desbroce de los residuos vegetales (incluyendo restos leñosos y hojarasca), dado que la variación en la remoción y el tratamiento de residuos (p. ej., quemado, preparación del suelo) afecta las entradas de C a la formación de materia orgánica del suelo y las pérdidas de C por descomposición y combustión. Es importante que los modelos se evalúen mediante observaciones independientes a partir de lugares específicos del país o de la región representativos de las interacciones entre el clima, el suelo y la gestión de los pastizales referidos a los cambios en las existencias de C del suelo ocurridos después de la conversión.

Suelos orgánicos**Nivel 1 y Nivel 2**

Las *Tierras convertidas en pastizales* en suelos orgánicos durante el periodo de inventario se tratan del mismo modo que los *Pastizales que permanecen como tales* en suelos orgánicos, es decir, se les aplica un factor de emisión constante, basado en la región climática, y las pérdidas de C se calculan utilizando la Ecuación 2.26 (Capítulo 2). En la Sección referida a *Pastizales que permanecen como tales* (Sección 6.2.3.1), se brinda orientación adicional sobre los métodos de los Niveles 1 y 2.

Nivel 3

Así como sucede con los suelos minerales, un método del Nivel 3 incluye modelos más detallados y específicos del país y/o enfoques basados en mediciones, así como datos sobre uso y gestión de la tierra muy desagregados (véase un análisis adicional en lo citado precedentemente respecto a *Suelos minerales*).

6.3.3.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE CAMBIO DE EXISTENCIAS Y DE EMISIÓN

Suelos minerales**Nivel 1**

Para las tierras no gestionadas, Tierras forestales gestionadas, Asentamientos y Pastizales nominalmente gestionados bajo regímenes de poca perturbación, se supone que las existencias de C del suelo son equivalentes a los valores de referencia (es decir, los factores de uso de la tierra, perturbación (sólo para bosques), gestión e ingreso equivalen a 1), pero será necesario aplicar los factores de cambio de existencias apropiados para representar otros sistemas, por ejemplo pastizales mejorados y degradados, así como todos los sistemas de tierras de cultivo. Las existencias de C de referencia por defecto se encuentran en el Cuadro 2.3 del Capítulo 2. Véase la sección *Elección de los factores de cambio de existencias y de emisión* en el capítulo apropiado de uso de la tierra en cuanto a los factores de cambio de existencias por defecto (Tierras forestales en 4.2.3.2, Tierras de cultivo en 5.2.3.2, Pastizales en 6.2.3.2, Asentamientos en 8.2.3.2 y Otras tierras en 9.3.3.2).

Nótese que es una *buena práctica* utilizar el factor de gestión (F_{LU}) para las tierras reservadas (Cuadro 5.5) si se trata con Tierras de cultivo cultivadas anualmente y convertidas en Pastizales (es decir, hasta que se reclasifica la tierra como *Pastizales que permanecen como tales*) puesto que los sistemas de tierras de cultivo anual recientemente convertidos, típicamente, ganan C a una velocidad similar a la de las tierras reservadas. Además, los factores de Nivel 1 para las tierras reservadas fueron derivados de datos empíricos para representar explícitamente la ganancia esperada durante los primeros 20 años para las tierras retiradas del cultivo. Si los países deciden suponer un incremento más rápido en la transferencia de C que eleve los niveles a las condiciones nativas dentro de los 20 años, debe proporcionarse una justificación en la documentación.

Nivel 2

Probablemente, la estimación de los factores de cambio de existencias específicos del país constituya el desarrollo más importante para el método de Nivel 2. Las diferencias en las existencias de C orgánico del suelo entre los usos de la tierra se calculan con relación a una condición de referencia, empleando los factores de uso

de la tierra (F_{LU}). Entonces, se emplean los factores de ingreso (F_I) y los de gestión (F_{MG}) para definir con más exactitud las existencias de C del nuevo sistema de pastizales. En la Sección 6.2.3.2 *Pastizales que permanecen como tales*, se proporciona información adicional sobre cómo derivar estos factores de cambio de existencias, y en la Sección 2.3.3.1 (Capítulo 2) ofrece otra orientación general. Véase la sección que corresponda en cuanto a información específica sobre la derivación de los factores de cambio de existencias para otros sectores de uso de la tierra (Tierras forestales en la Sección 4.2.3.2, Tierras de cultivo 5.2.3.2, Asentamientos en 8.2.3.2 y Otras tierras en 9.3.3.2).

En un método de Nivel 2, las existencias de C de referencia también se derivan de datos específicos del país. Sin embargo, los valores de referencia deben ser coherentes para todos los usos de la tierra (es decir, Tierras forestales, Tierras de cultivo, Pastizales, Asentamientos y Otras tierras) lo que requiere coordinación entre los distintos equipos a cargo de los inventarios de C del suelo para AFOLU.

Nivel 3

Es menos factible que los factores constantes de tasa de cambio de existencias *per se* se estimen a favor de tasas variables que reproduzcan con más exactitud los efectos del uso y la gestión de la tierra. Para un análisis más pormenorizado, véase la Sección 2.3.3.1 del Capítulo 2.

Suelos orgánicos

Nivel 1 y Nivel 2

Las *Tierras convertidas en pastizales* en suelos orgánicos dentro del período del inventario se tratan igual que los *Pastizales que permanecen como tales* en suelos orgánicos. Los factores de emisión del Nivel 1 se presentan en el Cuadro 6.3, mientras que los del Nivel 2 se derivan de datos específicos del país o la región.

Nivel 3

Es menos factible que los factores constantes de tasa de emisión *per se* se estimen a favor de tasas variables que reproduzcan con más exactitud los efectos del uso y la gestión de la tierra. Para un análisis más pormenorizado, véase la Sección 2.3.3 del Capítulo 2.

6.3.3.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Suelos minerales

Nivel 1 y Nivel 2

A los efectos de estimar los cambios en las existencias de carbono del suelo, las estimaciones de superficie de *Tierras convertidas en pastizales* deben estratificarse según las regiones climáticas y los tipos de suelos principales. Esto se puede basar en superposiciones de mapas de clima y suelos apropiados, junto con datos espacialmente explícitos en cuanto a la ubicación de las conversiones de las tierras. Las descripciones detalladas de los esquemas de clasificación de climas y suelos por defecto se encuentran en el Capítulo 3. Véanse las secciones correspondientes que tratan de cada categoría de uso de la tierra para encontrar información específica del sector respecto a la representación de los datos de la actividad de uso/gestión de la tierra (Tierras forestales en la Sección 4.2.3.3, Tierras de cultivo en 5.2.3.3, Pastizales en 6.2.3.3, Asentamientos en 8.2.3.3 y Otras tierras en 9.3.3.3).

Un aspecto crítico en la evaluación del impacto de las *Tierras convertidas en pastizales* sobre las existencias de C orgánico del suelo es el tipo de datos de la actividad sobre uso y gestión de la tierra. Los datos de la actividad obtenidos empleando los Métodos 2 o 3 (véase el Capítulo 3 para un análisis referido a métodos) suministran la información básica subyacente para determinar el uso previo de la tierra para las tierras de la categoría *Tierras convertidas en pastizales*. Por contraste, los datos agregados (Método 1) sólo suministran la cantidad total de superficie en cada uso de la tierra al comienzo y al final del período de inventario (p. ej., 1985 y 2005). Por lo tanto, a menos que pueda recogerse información complementaria para inferir el patrón de cambio de uso de la tierra (como se sugirió en el Capítulo 3), los datos del Método 1 son insuficientes para determinar las transiciones específicas entre las categorías de uso de la tierra. Por lo tanto, se desconoce el uso de la tierra previo a la conversión en pastizales. Afortunadamente, esto no constituye problema alguno si se usan los métodos de Niveles 1 o 2 porque el cálculo no es dinámico y se supone un cambio por etapas de un estado de equilibrio a otro. Por lo tanto, con los datos agregados (Método 1), los cambios de las existencias de C orgánico del suelo pueden calcularse por separado para cada categoría de uso de la tierra y, después, combinarlos para obtener el cambio total de existencias para todos los usos de la tierra. La estimación de cambio de las existencias de C del suelo es equivalente a los resultados que se obtienen usando los datos de actividad del Método 2 (o 3) (es decir, una matriz de cambio completa de uso de la tierra), pero la evaluación de la tendencia de las existencias de C sólo es pertinente después de combinar las estimaciones de las existencias para todos los usos de la tierra (es decir, las existencias aumentan o disminuyen con los cambios en la superficie de tierra de cada uso individual, pero esto se compensará con las ganancias o pérdidas de los otros usos y, por tanto, no cambia realmente ningún depósito del país. Por lo tanto, con agregación, (datos del Método 1) es importante que haya

coordinación entre los distintos sectores territoriales, a fin de garantizar que el total de la base territorial se mantenga constante a través del tiempo, dado que ciertas superficies se pierden o ganan dentro de sectores individuales durante cada año de inventario, debido a cambios en el uso de la tierra.

Nótese que con los datos de la actividad agregados (Método 1), no será posible determinar las tierras de cultivo anuales cultivadas convertidas en pastizales. Por lo tanto, se aplican los factores de cambio de existencias en pastizales, sin consideración por la tasa más lenta de ganancia de C en las tierras de cultivos anuales convertidas recientemente, lo que puede conducir a una sobreestimación de la ganancia de C en un período de tiempo de 20 años, y en especial utilizando el método de Nivel 1 (véase la Elección de los factores de cambio de existencias y de emisión para un análisis adicional). Esta advertencia debe reconocerse en la documentación de la declaración, y es una *buena práctica* que los inventarios futuros recojan la información adicional necesaria para estimar la superficie de los pastizales recientemente convertidos y procedentes de tierras de cultivo, en particular si el C del suelo es una categoría de fuente principal.

Nivel 3

Para la aplicación de modelos dinámicos y/o de un inventario basado en mediciones directas en el Nivel 3, se requieren datos similares o más detallados de las combinaciones de datos climáticos, de suelos, topográficos y de gestión, respecto de los métodos de los Niveles 1 o 2, aunque los requisitos exactos dependen del diseño del modelo o de la medición.

Suelos orgánicos

Nivel 1 y Nivel 2

Las *Tierras convertidas en pastizales* en suelos orgánicos dentro del período del inventario se tratan de la misma manera que los *Pastizales que permanecen como tales* en suelos orgánicos, y la Sección 6.2.2.3 brinda orientación sobre los datos de la actividad.

Nivel 3

Como sucede con los suelos minerales, es factible que los métodos del Nivel 3 requieran datos más detallados de las combinaciones de datos climáticos, de suelos, topográficos y de gestión, respecto de los métodos de los Niveles 1 o 2, aunque los requisitos exactos dependen del diseño del modelo o la medición.

6.3.3.4 PASOS DE CÁLCULO PARA EL NIVEL 1

Suelos minerales

Los pasos para estimar SOC_0 y $SOC_{(0-T)}$ y los cambios de existencias netas de C en el suelo de las *Tierras convertidas en pastizales* son los siguientes:

Paso 1: organizar los datos por períodos de inventario sobre la base de los años en los que se recabaron los datos de la actividad (p. ej., 1990 y 1995, 1995 y 2000, etc.)

Paso 2: determinar el uso y la gestión del suelo por tipos de suelos minerales y regiones climáticas del territorio al comienzo del período de inventario, lo que puede variar dependiendo de la periodicidad de los datos de la actividad (0-T; p. ej., hace 5, 10 o 20 años).

Paso 3: seleccionar el valor de existencias de C de referencia específico del lugar (SOC_{REF}) sobre la base del tipo de clima y de suelo del Cuadro 2.3, para cada superficie de tierra a inventariar. Las existencias de C de referencia son las mismas para todas las categorías de uso de la tierra a fin de asegurar que no se computen cambios erróneos en las existencias de C debidos a diferencias en los valores de existencias de referencia entre sectores.

Paso 4: seleccionar el factor de uso de la tierra (F_{LU}), el factor de gestión (F_{MG}) y los niveles de ingreso de C (F_I) que representan el sistema de uso y gestión de la tierra presente antes de la conversión en pastizal. Los valores de F_{LU} , F_{MG} y F_I se encuentran en la sección respectiva al sector de uso de la tierra (Tierras de cultivo en el Capítulo 5 y Pastizales en el Capítulo 6, Asentamientos en el Capítulo 8 y Otras tierras en el Capítulo 9).

Paso 5: multiplicar estos valores por las existencias de C del suelo de referencia para estimar las existencias «iniciales» de C orgánico del suelo ($SOC_{(0-T)}$) para el período del inventario.

Paso 6: estimar SOC_0 repitiendo los pasos 1 a 4 y empleando las mismas existencias de C de referencia del lugar (SOC_{REF}), pero empleando factores de uso y gestión de la tierra y factores de ingreso que representen las condiciones (después de la conversión en pastizal) al último año de inventario (año 0).

Paso 7: estimar el cambio promedio anual en existencias de C orgánico del suelo para la zona durante el período de inventario, ($\Delta C_{Minerales}$).

Paso 8: repetir los Pasos 1 a 6 si hay períodos de inventario adicionales (p. ej., 1990 a 1995, 2001 a 2010, etc.).

A continuación se presenta un ejemplo numérico para forestación de suelos de cultivo.

A continuación, se proporciona un ejemplo tipo utilizando la Ecuación 2.25 (Capítulo 2), los factores de cambio de existencias por defecto y las existencias de referencia de C, para estimar los cambios en las existencias de C orgánico del suelo asociados con las *Tierras convertidas en pastizales*.

Ejemplo: En el clima tropical húmedo, para el suelo volcánico que há estado mucho tiempo como tierra de cultivo anual, labrado intensivamente y donde los residuos de cultivo se han eliminado, las existencias de carbono al principio del periodo de inventario (1990 en este ejemplo), $SOC_{(0-T)}$ son $70 \text{ ton C há}^{-1} \bullet 0,48 \bullet 1 \bullet 0,92 = 30,9 \text{ ton C há}^{-1}$. Después de la conversión en tierras de pastura mejoradas (por ejemplo, fertilizadas), las existencias de carbono en el último año inventario (2010 en este ejemplo) (SOC_0) son $70 \text{ ton C há}^{-1} \bullet 0,82 \bullet 1,17 \bullet 1 = 67,2 \text{ ton C há}^{-1}$. Por lo tanto, el cambio anual promedio en las existencias de C del suelo para la superficie en el periodo de inventario se calcula como $(67,2 \text{ ton C há}^{-1} - 30,9 \text{ ton C há}^{-1})/20 \text{ años} = 1,5 \text{ ton C há}^{-1} \text{ año}^{-1}$. Nótese que se há utilizado el factor de las tierras reservadas de cultivo (0,82) para F_{LU} porque los pastizales no ganan el complemento total de las existencias de C del lugar en 20 años. Después de los primeros 20 años, se utiliza un factor de uno para F_{LU} en el método de Nivel 1.

Suelos orgánicos

Los pasos para el cálculo son los mismos que los descritos en la Sección 6.2.3.4 precedente.

6.3.3.5 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Los análisis de incertidumbre para las *Tierras convertidas en pastizales* son básicamente los mismos que para *Pastizales que permanecen como tales*. Existen tres grandes fuentes de incertidumbre: 1) incertidumbres en los datos de la actividad de uso y gestión de la tierra y sobre el medio ambiente; 2) incertidumbres en las existencias de C de referencia en el suelo si se utilizan los métodos de los Niveles 1 o 2 (suelos minerales solamente); y 3) incertidumbres en los factores de cambios en las existencias y de emisión para los métodos de Niveles 1 o 2, error en la estructura/los parámetros del modelo para los métodos basados en el modelo de Nivel 3, o errores de medición/variabilidad en el muestreo relacionados con los inventarios basados en mediciones de Nivel 3. Véase la sección sobre incertidumbre en *Pastizales que permanecen como tales* para un análisis adicional (Sección 6.2.3.5).

6.3.4 Emisiones de gases de efecto invernadero no CO₂ a partir del quemado de biomasa

Las emisiones de gases de efecto invernadero de las *Tierras convertidas en pastizales* se producen a partir de la combustión de la biomasa y materia orgánica muerta (DOM) de las *Tierras convertidas en pastizales*. Las emisiones se contabilizan en la nueva categoría de tierra. Las emisiones de gases de efecto invernadero no-CO₂ más importantes de esta sección proceden de la conversión de Tierras forestales en pastizales, pero también se pueden producir emisiones importantes como resultado de la conversión de Tierras de cultivo en pastizales. Es muy poco probable que los Pastizales se originen a partir de la conversión de otras categorías de uso de la tierra (Asentamientos, Humedales u Otras tierras).

En las zonas tropicales, es práctica común quemar sucesivamente hasta eliminar la mayoría de los residuos forestales -si no todos- y la DOM, para poder crear las pasturas. En algunos lugares, resulta necesario realizar hasta tres o cuatro incendios. Parte de la biomasa forestal aérea eliminada durante el proceso de conversión de Tierras forestales en pastizales se puede transferir a productos de madera recolectada, mientras que una cierta cantidad se puede retirar del lugar para usarla como madera combustible (es decir, que se quema fuera del lugar). Normalmente, lo que queda se quema *in situ*.

Se deben declarar las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes del quemado de biomasa en Tierras forestales no gestionadas, si les sigue una conversión en el uso de la tierra, dado que las tierras convertidas se consideran gestionadas.

La conversión de Tierras de cultivo en humedales normalmente no tiene como resultado el quemado de la biomasa. Sin embargo, siempre que se realice, los países deben declarar las correspondientes emisiones de gases de efecto invernadero anualmente.

El método a utilizar para estimar las emisiones de no-CO₂ del quemado de biomasa en *Tierras convertidas en pastizales* es esencialmente el mismo que el usado para *Pastizales que permanecen como tales*.

6.3.4.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

En el árbol de decisiones de la Figura 2.6 del Capítulo 2 se brinda orientación sobre la elección del Nivel a aplicar en los países cuando se declaran las emisiones de gases de efecto invernadero de *Tierras convertidas en pastizales*.

La elección del método está relacionada directamente con la disponibilidad de datos nacionales sobre la superficie de tierra convertida quemada, la masa de combustible disponible y los factores de combustión y emisión. Cuando se emplean niveles superiores, se utiliza información específica del país respecto a la masa de combustible disponible para contabilizar la cantidad de biomasa transferida a productos de madera recolectada (de corresponder), quitada para uso como combustible y quemada fuera del sitio.

Los países deben declarar el uso de un método de Nivel 2 o 3 siempre que las emisiones de gases de efecto invernadero resultantes del quemado de biomasa en *Tierras convertidas en pastizales* constituyan una categoría principal.

6.3.4.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Nivel 1

La masa de combustible disponible para la combustión (M_B en la Ecuación 2.27) es crítica en la estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero. Los datos por defecto que sustentan la estimación de las emisiones bajo el método de Nivel 1 se presentan en los Cuadros 2.4 a 2.6 del Capítulo 2. Los países deben evaluar la forma en que sus tipos de vegetación se corresponden con las amplias categorías de vegetación descritas en los cuadros por defecto. En cuanto al Nivel 1, se debe suponer que toda la biomasa aérea y DOM de la categoría de tierras anterior se pierde inmediatamente después de la conversión. Los valores por defecto para biomasa previos a la conversión se pueden encontrar en los capítulos referidos a los respectivos usos de la tierra (p. ej., los factores por defecto para tierras forestales se encuentran en el capítulo referido a biomasa en tierras forestales).

Nivel 2

En un método de Nivel 2, deben emplearse estimaciones específicas del país en cuanto a la combustión de combustible. Los datos se deberán desagregar según los tipos de bosques, en el caso de *Tierras forestales convertidas en pastizales*. Se deben desarrollar los factores de combustión y de emisión que mejor reflejen las condiciones nacionales (zona climática, bioma, condiciones de quemado) y suministrar rangos de incertidumbre. Además, a diferencia del Nivel 1, donde se supone que todo el carbono de la biomasa aérea y DOM se pierde inmediatamente después de la conversión, en un método de Nivel 2 deben estimarse las transferencias de biomasa a productos de madera recolectada y madera combustible (quemada fuera del sitio) a fin de proporcionar una estimación más fiable de la masa de combustible disponible.

Nivel 3

En el Nivel 3, todos los parámetros deben ser definidos por el país.

6.3.4.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Los datos de la actividad necesarios para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero producidas por el quemado de biomasa se refieren a la superficie afectada por esta actividad. Los países deben estratificar la superficie convertida en Pastizales a partir de Tierras forestales y de Tierras de cultivo, dado que la cantidad de combustible disponible para el quemado puede mostrar variaciones importantes de una categoría a otra de uso de la tierra.

Nivel 1

Los países que apliquen el método del Nivel 1 deben estimar las superficies convertidas en pastizales a partir de los usos iniciales de la tierra (Tierras forestales, Tierras de cultivo, etc.). La conversión debe estimarse anualmente. Las estimaciones pueden derivarse de varios métodos: (1) aplicando una tasa de conversión en Pastizales a la superficie total anual convertida (la tasa puede estimarse sobre la base del conocimiento histórico, el dictamen de expertos del país, y/o de las muestras de las superficies convertidas y de la evaluación del uso final de la tierra); o (2) utilizando los datos de fuentes internacionales, tales como la FAO, para estimar las superficies de Tierras forestales y Pastizales que se convierten anualmente, y utilizar el dictamen de expertos para estimar la porción de esta superficie convertida en Pastizales.

Nivel 2

Siempre que resulte posible, los países deben utilizar estimaciones reales de superficie para todas las conversiones posibles en pastizales. Los datos multi-temporales de detección remota y con adecuada resolución deben proporcionar mejores estimaciones de la conversión en el uso de la tierra que los métodos presentados en el Nivel 1. El análisis puede basarse en una cobertura total del territorio o en superficies de muestra representativas seleccionadas, a partir de las cuales se pueden derivar las estimaciones de superficie convertida en pastizales de todo el territorio.

Nivel 3

Los datos de la actividad en el Nivel 3 deben basarse en el Método 3 presentado en el Capítulo 3, por el que se estima el total de superficie convertida anualmente en Pastizales (a partir de Tierras forestales, Pastizales u otras categorías del uso de la tierra). Los datos deben desagregarse según el tipo de bioma, clima, fronteras políticas o una combinación de estos parámetros.

6.3.4.4 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Nivel 1

Las fuentes de incertidumbre en este método tienen muchos orígenes: (i) el uso de tasas de conversión promedio universales o nacionales o de estimaciones groseras de superficies de tierra convertidas en pastizales; (ii) una estimación de la superficie convertida que se quema como parte de una práctica de gestión (eliminación de la biomasa en el uso de la tierra inicial para establecer la tierra para la agricultura); (iii) la masa de combustible disponible; y (iv) los factores de combustión y emisión. Se proporcionan los datos sobre las incertidumbres asociadas con los factores de emisión y combustión, mientras que los relacionados con los puntos (i) y (ii) pueden variar significativamente según el método que se emplee para su estimación. Como resultado de estas incertidumbres, es poco probable que la estimación de la superficie quemada sea conocida en más de un 20% y las emisiones por unidad de superficie en hasta un factor de 2 usando los métodos del Nivel 1.

Nivel 2

El uso de estimaciones de superficie de fuentes más fiables (datos de detección remota, método de muestras) mejora su exactitud relativa al Nivel 1 y Método 1 (del capítulo 3). Estas fuentes también proporcionan mejores estimaciones de las superficies convertidas y quemadas. Despreciar la biomasa transferida a productos de madera recolectada o quitada del sitio como madera combustible, y la biomasa dejada en el sitio para su descomposición, elimina un sesgo (sobreestimación) en las estimaciones. Las estimaciones de factores de emisión o combustión a nivel nacional, si van acompañadas de rangos de error (en la forma de desviación estándar) permiten evaluar la incertidumbre asociada con las *Tierras convertidas en pastizales*.

Nivel 3

La incertidumbre asociada con los datos de actividad en el Nivel 3 es probable que sea inferior a la del Nivel 1 o 2, y depende de la detección remota, de los sondeos de campo, del enfoque de modelización utilizado y de los datos de entrada.

6.4 EXHAUSTIVIDAD, SERIES TEMPORALES, GC/CC Y GENERACIÓN DE INFORMES

6.4.1 Exhaustividad

Nivel 1

Un inventario completo de Pastizales de Nivel 1 contiene tres elementos: 1) los cambios en las existencias de carbono y las emisiones de no-CO₂ (CH₄, CO, N₂O, NO_x) producidas por el quemado de biomasa se han estimado para todas las *Tierras convertidas en pastizales* y *Pastizales que permanecen como tales* durante el período del inventario; 2) en el análisis del inventario se ha tratado el impacto de todas las prácticas de gestión descritas en los métodos del Nivel 1; y 3) en el análisis se contabilizó la variación climática y de suelos que afecta las emisiones y las absorciones (según lo descrito para el Nivel 1).

Los últimos dos elementos requieren la asignación de sistemas de gestión a superficies de pastizales y la estratificación por regiones climáticas y tipos de suelos. Es una *buena práctica* que los países utilicen las mismas clasificaciones para biomasa y para depósitos del suelo, además del quemado de biomasa (en el grado en que tales clasificaciones resulten necesarias para estas categorías de fuente). Esto garantiza la coherencia y transparencia, permite el uso eficiente de los sondeos de tierras y de otras herramientas para recabar datos, y

permite una relación explícita entre los cambios en las existencias de carbono en la biomasa y los depósitos del suelo, así como de las emisiones de no-CO₂ producidas por el quemado de biomasa.

En el caso de las estimaciones de las existencias de C en la biomasa y en el suelo, un inventario de Pastizales deberá tener en cuenta el impacto de los cambios en el uso de la tierra (*Tierras convertidas en pastizales*) y la gestión. No obstante, en algunos casos, los datos de la actividad o el conocimiento de expertos pueden no ser suficientes para estimar los efectos de las prácticas de gestión, tales como el grado y tipo de la gestión silvopastoral, la gestión de los fertilizantes, la irrigación, la intensidad del pastoreo, etc. En tales casos, los países pueden proceder a realizar un inventario teniendo sólo presente el uso de la tierra, pero los resultados serán incompletos y la omisión de las prácticas de gestión debe identificarse claramente en la documentación de los informes a los efectos de la transparencia. Si hay omisiones, es una *buena práctica* recabar datos de la actividad adicionales sobre la gestión para futuros inventarios, en particular si el C de la biomasa o del suelo constituye una categoría de fuente principal.

Puede que los cambios en las existencias de C no se contabilicen para ciertas superficies de pastizales si se considera que las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero son insignificantes o constantes con el transcurso del tiempo, como sucede con los pastizales no leñosos donde no hay cambios en la gestión o en el uso de la tierra. En este caso, es una *buena práctica* que los países documenten y expliquen las razones de las omisiones.

Para el quemado de la biomasa, deben declararse todos los gases no-CO₂ de efecto invernadero para todas las quemas controladas y los incendios de pastizales gestionados. Incluye la conversión de Tierras forestales en Pastizales, donde la cantidad de combustible disponible para el quemado suele ser más significativa que en otras categorías de uso de la tierra. Las emisiones del quemado de la DOM y de la biomasa de árboles desbrozados deben incluirse en estas estimaciones. El quemado de la sabana también constituye una gran fuente de emisiones no-CO₂ procedentes del quemado de biomasa. El quemado de la biomasa debe declararse donde el fuego natural en la tierra no gestionada va seguido por una transición a tierra gestionada durante el intervalo de declaración del inventario.

La estimación de la superficie realmente quemada es clave para realizar un cálculo fiable de las emisiones no-CO₂ de los gases de efecto invernadero. Las estimaciones de detección remota de la superficie quemada han de ser rigurosamente comprobadas con los datos de terrestres para garantizar que las superficies quemadas se estiman de manera precisa. Es probable que el uso de estadísticas promedio a nivel regional sea muy poco fiable para estimar la superficie quemada de un país concreto.

En los pastizales, en los que la gestión del fuego está cambiando el equilibrio entre la hierba y la vegetación leñosa, las emisiones de CO₂ del fuego pueden no estar compensadas con la re-fijación a corto plazo de una cantidad equivalente de C en la biomasa. En tales situaciones, la emisión neta de CO₂ provocada por el quemado también debe declararse.

Nivel 2

Un inventario completo de Nivel 2 tiene elementos similares al de Nivel 1, pero incorpora datos específicos del país para estimar los factores de cambio en las existencias de C, las existencias de C de referencia del suelo, las estimaciones de la densidad de la biomasa (carga de combustible); así como la combustión y los factores de emisión para el quemado de la biomasa, para desarrollar las descripciones del clima y las categorías del suelo, y mejorar las clasificaciones del sistema de gestión. Más aun, constituye una *buena práctica*, en un inventario de Nivel 2, incorporar datos específicos del país para cada componente. No obstante, los inventarios siguen considerándose completos si combinan datos específicos del país con datos por defecto del Nivel 1.

Nivel 3

Además de los comentarios hechos respecto a los Niveles 1 y 2, la exhaustividad de los inventarios de Nivel 3 depende de los componentes del sistema de evaluación específico del país. En la práctica, es factible que en los inventarios de Nivel 3 se contabilicen en su totalidad las emisiones y absorciones de los pastizales, empleando una mayor cantidad de datos y de resolución más fina sobre clima, suelos, quemado de biomasa y sistemas de gestión. Es una *buena práctica* que los compiladores del inventario describan y documenten los elementos del sistema específico del país, a la vez que demuestren la exhaustividad del método y de las fuentes de datos. Si se identifican vacíos, es una *buena práctica* recabar información adicional y desarrollar aun más el sistema específico del país.

6.4.2 Desarrollo de una serie temporal coherente

Nivel 1

Las series temporales coherentes son esenciales para evaluar las tendencias en emisiones y absorciones. A fin de mantener la coherencia, los compiladores deben aplicar las mismas clasificaciones y los mismos factores durante la totalidad del periodo del inventario, incluyendo clima, tipos de suelos, clasificaciones de sistemas de gestión,

factores de cambio de las existencias de C, existencias de C del suelo de referencia, estimaciones de densidad de biomasa (carga de combustible), factores de combustión, y factores de emisión de no-CO₂. Se suministran valores por defecto para todos estos componentes, por lo que la coherencia no debe constituir problema alguno. Además, la base territorial debe permanecer coherente con el correr del tiempo, con excepción de las *Tierras convertidas en pastizales* o de los pastizales convertidos a otros usos de la tierra.

Los países deben emplear fuentes coherentes de datos de la actividad sobre uso de la tierra, gestión y quemado de biomasa, a lo largo de todo el periodo de declaración, donde sea posible. Si se los usa, los métodos de muestreo deben mantenerse durante todo el período del inventario, para garantizar un enfoque coherente. Si se crean subcategorías, los países deben llevar registros transparentes sobre cómo se las definió y aplicarlas coherentemente a lo largo del inventario.

En algunos casos, las fuentes de datos de la actividad, las definiciones o los métodos pueden cambiar a través del tiempo según la disponibilidad de nueva información. Los compiladores del inventario deben determinar cuál es la influencia de los cambios de datos o métodos sobre las tendencias y, si se la considera significativa, las emisiones y absorciones deben calcularse nuevamente para esa serie temporal empleando los métodos provistos en el Capítulo 5 del Volumen 1.

En cuanto a los cambios en las existencias de C, un elemento clave para producir una serie temporal coherente es asegurar la coherencia entre las existencias de C de las *Tierras convertidas en pastizales* estimadas en los periodos anteriores de declaración y el estado de esas existencias declarado respecto a aquellas tierras que permanezcan como pastizales en el periodo actual. Por ejemplo, si se transfirieron 10 toneladas de biomasa aérea viva al depósito de materia orgánica muerta de las *Tierras forestales convertidas en pastizales* en el periodo anterior de declaración en la declaración de este periodo debe suponerse que las existencias iniciales de carbono del depósito de materia orgánica muerta fue de 10 toneladas para esas tierras.

Nivel 2

Además de los aspectos analizados bajo el Nivel 1, hay consideraciones adicionales relativas a la introducción de información específica del país. Específicamente, es una *buena práctica* aplicar nuevos valores del factor o clasificaciones derivados de información específica del país en la totalidad del inventario y volver a calcular la serie temporal. De lo contrario, las tendencias positivas o negativas en las existencias de C o las emisiones del quemado de biomasa pueden deberse, en parte, a cambios relacionados con los métodos de inventario ocurridos en algún momento de la serie temporal, y no ser representativas de las tendencias reales.

Es posible que no se disponga de nueva información específica del país para toda la serie temporal. En esos casos, es una *buena práctica* demostrar el efecto de los cambios en los niveles de actividad frente a los datos o métodos actualizados específicos de un país. En el Capítulo 5 del Volumen 1, se brinda orientación sobre cómo volver a hacer los cálculos en tales circunstancias.

Nivel 3

Al igual que en los Niveles 1 y 2, es una *buena práctica* aplicar el sistema de estimación específico del país a lo largo de toda la serie temporal. Los organismos a cargo del inventario deben emplear los mismos protocolos de medición (estrategia de muestreo, método, etc.) y/o el mismo modelo a lo largo de todo el periodo del inventario.

6.4.3 Garantía de calidad y control de calidad

Nivel 1

Es una *buena práctica* aplicar Garantía de Calidad/Controles de Calidad con revisión interna y externa de los datos del inventario de los pastizales. Debe realizar la revisión interna el organismo a cargo del inventario, mientras que la externa queda en manos de otros organismos, expertos o grupos que no tengan participación directa en la compilación.

La revisión interna debe centrarse en el proceso de ejecución del inventario para garantizar que: 1) los datos de la actividad se han estratificado correctamente por regiones climáticas y tipos de suelos; 2) se han aplicado adecuadamente las clasificaciones/descripciones de la gestión; 3) se transcribieron correctamente los datos de la actividad a las hojas de trabajo o al software computarizado del inventario; y 4) que los factores de cambio de las existencias de C, las existencias de C del suelo de referencia, las densidades de biomasa (carga de combustible), la combustión del quemado de la biomasa y los factores de emisión se han asignado adecuadamente. Las medidas de Garantía de calidad/control de calidad pueden incluir una inspección visual así como funciones de programas integrados para verificar el ingreso de datos y los resultados. Los resúmenes estadísticos también pueden ser de ayuda, como la acumulación de superficies por estratos en las hojas de trabajo para determinar si son coherentes con las estadísticas sobre el uso de la tierra. El total de la superficie debe permanecer constante durante el periodo de inventario y las superficies por estrato sólo varían por uso de la tierra o por clasificación de gestión (el clima y los tipos de suelos deben permanecer constantes).

En las revisiones externas se deben considerar la validez del método de inventario, la rigurosidad de la documentación del inventario, la explicación de los métodos y la transparencia en general. Es importante evaluar si la superficie total de pastizales gestionados es realista, teniendo en cuenta la superficie total de pastizales del territorio. También será necesario realizar una verificación cruzada de las estimaciones de superficie para todas las categorías de uso de la tierra (es decir, Tierras forestales, Tierras de cultivo, Pastizales, etc.). Por último, la suma de toda la base territorial de un país, que incluye cada sector, debe mantenerse igual todos los años durante el período de inventario.

Para el quemado de biomasa, debe ponerse atención específica en las estimaciones específicas del país de la superficie anual quemada. Cuando se estime la superficie quemada a partir de conjuntos de datos mundiales, es importante validar la información utilizando datos de campo o de detección remota de alta resolución.

Nivel 2

Además de las medidas de Garantía de calidad/Control de calidad señalados bajo el Nivel 1, el organismo a cargo del inventario debe efectuar una revisión de las regiones climáticas, tipos de suelos, clasificaciones de sistemas de gestión, factores de cambio de las existencias de C, existencias de C de suelo de referencia, densidades de biomasa (carga de combustible), factores de combustión, y/o factores de emisión de no-CO₂ para el quemado de biomasa. Si se emplean factores basados en mediciones directas, el organismo a cargo del inventario y los revisores externos deben revisar las mediciones para garantizar que sean representativas de la verdadera gama de condiciones ambientales y de gestión, que se desarrollaron sobre la base de normas reconocidas (IAEA, 1992). Si hay acceso, es una *buena práctica* comparar los factores específicos del país con los factores de cambio de existencias, combustión y emisión del Nivel 2 usados para otros países con circunstancias similares, además de los valores por defecto del IPCC.

Dada la complejidad de las tendencias de emisión y absorción, en la revisión externa se debe contar con la participación de especialistas del sector para que comprueben los factores específicos del país y/o las clasificaciones.

Nivel 3

Es factible que los sistemas de inventario específicos del país requieran medidas adicionales de Garantía de calidad/Control de calidad, más allá de las indicadas por los Niveles 1 y 2, pero esto depende de los sistemas que se desarrollen. Es una *buena práctica* desarrollar un protocolo de Garantía de calidad/Control de calidad específico para el sistema de inventario avanzado del país, archivar los informes e incluir resultados resumidos en la documentación de la declaración.

6.4.4 Generación de informes y documentación

Nivel 1

Por lo general, es una *buena práctica* documentar y archivar toda la información requerida para producir las estimaciones del inventario nacional. En el Nivel 1, los compiladores del inventario deben documentar las tendencias de los datos de la actividad y las incertidumbres relativas a los pastizales. Entre las actividades principales se incluyen el cambio en el uso de la tierra, el quemado de biomasa, el uso de prácticas silvopastorales, el pastoreo intensivo, el uso de fertilizantes minerales o abonos orgánicos, las prácticas de riego, el encalado, el inter-sembrado con legumbres o la siembra de especies más productivas y el quemado de biomasa (fuegos naturales y quemadas controladas).

Es una *buena práctica* archivar las bases de datos reales, como los datos de censos, registros de quema y estadísticas pastorales, y los procedimientos empleados para procesar los datos (p. ej., programas estadísticos); las definiciones utilizadas para categorizar o agregar datos de la actividad; y los procedimientos usados para estratificar los datos de la actividad por clima y tipos de suelos. Las hojas de trabajo o el *software* del inventario deben archivar con los archivos de entrada/salida que se hayan generado para producir los resultados.

En los casos en los que no se disponga directamente de datos de la actividad a partir de bases de datos o en que se hayan combinado múltiples conjuntos de datos, deben describirse la información, las hipótesis y los procedimientos empleados para derivar los datos de la actividad. Esta documentación debe incluir la frecuencia de la recolección y la estimación de datos, y la incertidumbre. El uso del conocimiento experto debe documentarse y la correspondencia debe archivar.

Es una *buena práctica* documentar y explicar las tendencias en las existencias de biomasa y de C del suelo, así como las emisiones del quemado de biomasa en cuanto al uso del suelo y actividad de gestión. Los cambios en las existencias de biomasa deben relacionarse directamente con el uso de la tierra, con los cambios en las prácticas silvopastorales o con la invasión de plantas leñosas, mientras que las tendencias en las existencias de C del suelo pueden deberse a usos de la tierra o a cambios en las principales actividades de gestión, como se describiera anteriormente. Las emisiones del quemado de biomasa dependen del grado y la frecuencia de las

quemadas controladas y de los incendios naturales. Debe explicarse toda fluctuación significativa de las emisiones entre años.

Los países deben incluir documentación sobre la exhaustividad de sus inventarios, aspectos relacionados con la coherencia de las series temporales o con la falta de coherencia, y un resumen de las medidas de Garantía de calidad/Control de calidad y sus resultados.

Nivel 2

Además de las consideraciones señaladas para el Nivel 1, los compiladores del inventario deben documentar las bases que subyacen a factores de cambio de las existencias de C, las existencias de C de referencia del suelo, las estimaciones de la densidad de biomasa (carga de combustible), los factores de combustión y emisión por quemado de biomasa, las clasificaciones de los sistemas de gestión, las regiones climáticas y/o los tipos de suelo. Es más, constituye una *buena práctica* archivar las fuentes de «metadata» y de datos utilizadas para estimar los valores específicos del país.

La documentación de declaración debe incluir los nuevos factores (es decir, medios e incertidumbres), y es una *buena práctica* incluir un análisis en el informe de inventario relativo a las diferencias existentes entre los factores específicos del país y los valores por defecto del Nivel 1, así como los factores de Nivel 2 de regiones con circunstancias similares a las del país declarante. Si se emplean diferentes factores de emisión, parámetros y métodos para los distintos años, deben explicarse y documentarse las razones de tales cambios. Además, los organismos a cargo del inventario deben describir las clasificaciones de la gestión, el clima y/o los tipos de suelo específicos del país y se recomienda que se documenten las mejoras en las estimaciones de los métodos de inventario basadas en las nuevas clasificaciones. Por ejemplo, la condición de pastizal puede subdividirse en categorías adicionales más allá de las clases del Nivel 1 (es decir, nominal, mejorada, degradada y degradada severamente), aunque las ulteriores subdivisiones sólo mejorarán las estimaciones del inventario si el cambio en las existencias o los factores de emisión difieren significativamente entre las nuevas categorías.

Cuando se analicen las tendencias de las emisiones y absorciones, debe hacerse una distinción entre los niveles de actividad y los cambios de los métodos de año en año, y deben documentarse las razones de tales cambios.

Nivel 3

El inventario de Nivel 3 exige documentación respecto a los datos de la actividad y las tendencias de emisiones/absorciones similar a la de los métodos de nivel inferior, aunque debe incluirse documentación adicional para explicar las bases y el marco subyacentes del sistema de estimación específico del país. Con los inventarios basados en mediciones, es una *buena práctica* documentar el diseño de muestreo, los procedimientos de laboratorio y las técnicas de análisis de datos. Los datos de las mediciones deben archivar, así como los resultados de los análisis de datos. En cuanto a los métodos de Nivel 3 en los que se utilizan modelos, es una *buena práctica* documentar las versiones del modelo y suministrar una descripción de él, así como archivar permanentemente copias de todos los archivos de ingreso al modelo, los códigos fuente y los programas ejecutables.

Anexo 6A.1 Estimación de los factores de cambio de existencias por defecto para emisiones/absorciones de C en suelos minerales de Pastizales

Los factores de cambio de existencias de C del suelo por defecto se proporcionan en el Cuadro 6.2, que fue calculado a partir de un conjunto de datos globales de estudios experimentales para tres tipos generales de condiciones de los pastizales: degradados, nominalmente gestionados y mejorados. Se incluyó un factor de entrada adicional para aplicarlo a los pastizales mejorados. Las mejoras en la gestión consideradas aquí fueron limitadas a la fertilización (orgánica o inorgánica), la siembra de legumbres o de más especies de hierbas, y el riego. El pastizal con pastoreo excesivo y deficientemente gestionado (es decir, donde no se aplicó ninguna de las mejoras de gestión) o las pasturas tropicales fueron clasificadas como pastizales degradados. Los pastizales del sitio o los introducidos que no fueron mejorados se agruparon en la clasificación de pastizales nominales. Los pastizales con cualquier tipo individual de mejora en la gestión fueron clasificados como pastizales mejorados, con tasas medias de entrada de C. Para los pastizales mejorados en los que se implementaron múltiples mejoras de gestión, las tasas de entrada de C se consideraron altas.

Los datos experimentales (citados provistos en el listado de referencias) se analizaron en modelos lineales de efecto mixto, contabilizando tanto los efectos fijos como los aleatorios. Entre los efectos fijos se incluyen la profundidad, la cantidad de años transcurridos desde el cambio de gestión, y el tipo de cambio de gestión (p. ej., laboreo reducido versus ningún laboreo). Para la profundidad, no agregamos los datos pero incluimos las existencias de C medidas en cada incremento de profundidad (p. ej., 0-5 cm, 5-10 cm y 10-30 cm) como punto independiente del conjunto de datos. Similarmente, no agregamos los datos del mismo estudio recogidos en diferentes puntos en el tiempo. Consecuentemente, los efectos aleatorios se utilizaron para contabilizar la dependencia entre los datos de la serie temporal y los puntos de datos que representan diferentes profundidades en el mismo estudio. En caso de ser significativo, se utilizó el efecto aleatorio a nivel de país para evaluar la incertidumbre adicional asociada con la aplicación del valor global por defecto a un país específico (incluido en la incertidumbre por defecto). Se estimaron los factores para el efecto de la práctica de gestión durante 20 años para los 30 primeros centímetros del suelo. Se calculó la varianza para cada uno de los valores del factor, y que puede utilizarse con métodos de propagación de error simple para construir las funciones de distribución de probabilidad con una densidad normal.

Referencias

- Anderson, D.J., Perry, R.A. and Leigh, J.H. (1972). Some perspectives on shrub/environment interactions. In: McKell C.M., Blaisdell J.P., Goodon J.R. (eds), *Wildland Shrubs – Their Biology and Utilization*. USDA Forest Service, General Tech. Report INT-1.
- Armentano, T.V. and Menges, E.S. (1986). Patterns of change in the carbon balance of organic soil-wetlands of the temperate zone. *Journal of Ecology* **74**: 755-774.
- Conant, R.T. and Paustian, K. (2002). Potential soil carbon sequestration in overgrazed grassland ecosystems. *Global Biogeochemical Cycles* **16**: pp. 90_1-90_9.
- Conant, R.T., Paustian, K., and Elliott, E.T. (2001). Grassland management and conversion into grassland: Effects on soil carbon. *Ecological Application* **11**: 343-355.
- Falloon, P. and Smith, P. (2003). Accounting for changes in soil carbon under the Kyoto Protocol: need for improved long-term data sets to reduce uncertainty in model projections. *Soil Use and Management* **19**:265-269.
- Follett, R. F., Kimble, J.M. and Lal, R. (2001). The potential of U.S. grazing lands to sequester soil carbon. Pages 401-430 in R. F. Follett, J.M. Kimble, and R. Lal, editor. *The Potential of U.S. Grazing Lands to Sequester Carbon and Mitigate the Greenhouse Effect*. Lewis Publishers, Boca Raton, FL.
- IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories. Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Tréanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. Callander B.A. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA, Paris, France.
- IPCC (2003). Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Penman J., Gytarsky M., Hiraishi T., Krug, T., Kruger D., Pipatti R., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K., Wagner F. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/IGES, Hayama, Japan.
- Kauffman, B., Cummings, D.L. and Ward, D.E. (1998). Fire in the Brazilian Amazon. 2. Biomass, nutrient pools and losses in cattle pastures. *Oecologia*, **113** pp 415-427.
- McGill, W. B. (1996). Review and classification of ten soil organic matter models. In: Powlson D.S., Smith P., and Smith J.U. (eds.). *Evaluation of Soil Organic Matter Models Using Existing Long-Term Datasets*. Springer-Verlag, Heidelberg: pp. 111-132.
- McKeon, G.M., Hall, W.B., Henry, B.K., Stone, G.S. and Watson, I.W. (2004). Pasture Degradation and Recovery in Australia's Rangelands: Learning from History. Queensland Department of Natural Resources, Mines and Energy. pp. 256.
- Monte, L, Hakanson, L., Bergstrom, U., Brittain, J., and Heling, R. (1996). Uncertainty analysis and validation of environmental models: the empirically based uncertainty analysis. *Ecological Modelling* **91**:139-152.
- Naeth, M.A., Bailey, A.W., Pluth, D.J., Chanasyk, D.S., and Hardin, R.T. (1991). Grazing impacts on litter and soil organic matter in mixed prairie and fescue grassland ecosystems of Alberta. *Journal of Range Management* **44** pp 7-12.
- Nusser, S.M. and Goebel, J.J. (1997). The National Resources Inventory: a long-term multi-resource monitoring programme. *Environmental and Ecological Statistics* **4**:181-204.
- Ogle, S.M., Breidt, F.J., Eve, M.D. and Paustian, K. (2003). Uncertainty in estimating land-use and management impacts on soil organic carbon storage for U.S. agricultural lands between 1982 and 1997. *Global Change Biology* **9**:1521-1542.
- Ogle, S.M., Breidt, F.J. and Paustian, K. (2006). Bias and variance in model results associated with spatial scaling of measurements for parameterization in regional assessments. *Global Change Biology* **12**:516-523.
- Ogle, S.M., Conant, R.T. and Paustian, K. (2004). Deriving grassland management factors for a carbon accounting approach developed by the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Environmental Management*. **33**:474-484.
- Ojima, D.S., Parton, W.J., Schimel, D.S., Scurlock, J.M.O. and Kittel, T.G.F. (1993). Modeling the effects of climatic and CO₂ changes on grassland storage of soil C. *Water, Air, and Soil Pollution* **70**: pp. 643-657.
- Powers, J. S., Read, J. M., Denslow, J. S. and Guzman, S. M. (2004). Estimating soil carbon fluxes following land-cover change: a test of some critical assumptions for a region in Costa Rica. *Global Change Biology* **10**:170-181.

- Smith, J.E. and Heath, L.S. (2001). Identifying influences on model uncertainty: an application using a forest carbon budget model. *Environmental Management* **27**:253-267.
- Smith, P., Powlson, D.S., Smith, J.U. and Elliott, E.T. (eds) (1997). Evaluation and comparison of soil organic matter models. Special Issue, *Geoderma* **81**:1-225.
- Vanden Bygaart, A.J., Gregorich, E.G., Angers, D.A., *et al.* (2004). Uncertainty analysis of soil organic carbon stock change in Canadian cropland from 1991 to 2001. *Global Change Biology* **10**:983-994.
- Veldkamp, E. (2001). Changes in soil carbon stocks following conversion of forest to pasture in the tropics. In: Holland E.A. (ed.): Notes from Underground: Soil Processes and Global Change. NATO ASI Series Berlin: Springer.

CAMBIOS EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO EN EL SUELO (REFERENCIAS UTILIZADAS PARA EL ANÁLISIS DE LOS FACTORES POR DEFECTO DE LOS SUELOS MINERALES EN EL ANEXO 6A.1)

- Abril, A. and Bucher, E.H. (1999). The effects of overgrazing on soil microbial community and fertility in the Chaco dry savannas of Argentina. *Applied Soil Ecology* **12**:159-167.
- Aina, P.O. (1979). Soil changes resulting from long-term management practices in Western Nigeria. *Soil Science Society of America Journal* **43**:173-177.
- Arnold, P.W., Hunter, F. and Gonzalez Fernandez, P. (1976). Long-term grassland experiments at Cockle Park. *Annales Agronomiques* **27**:1027-1042.
- Banerjee, M.R., Burton, D.L., McCaughey, W.P. and Grant, C.A. (2000). Influence of pasture management on soil biological quality. *Journal of Range Management* **53**:127-133.
- Bardgett, R.D., Frankland, J.C. and Whittaker, J.B. (1993). The effects of agricultural practices on the soil biota of some upland grasslands. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **45**:25-45.
- Barrow, N.J. (1969). The accumulation of soil organic matter under pasture and its effect on soil properties. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* **9**:437-445.
- Biondini, M.E., Patton, B.D. and Nyren, P.E. (1998). Grazing intensity and ecosystem processes in a northern mixed-grass prairie, USA. *Ecological Applications* **8**:469-479.
- Cantarutti, R.B., Brage, J.M., Boddey, R.M. and Resende, S.d.P. (1995). Caracterizacao do status de nitrogenio em solosob pastagm de Brachiaria humidicola pura e consorciada com Desmodium ovalifolium cv. Itabela. Pages 733-735 in Proceedings of the XXV Congresso Brasileiro do Ciencia do Solo, Micosá, MG, Brazil.
- Carr, S.C.M., and Turner, J.S. (1959). The ecology of the Bogong high plains II. Fencing experiments in grassland C. *Australian Journal of Botany* **7**:34-83.
- Carter, M.R., Angers, D.A. and Kunelius, H.T. (1994). Soil structural for and stability, and organic matter under cool-season perennial grasses. *Soil Science Society of America Journal* **58**:1194-1199.
- Cerri, C.C., Volkoff, B. and Andreaux, F. (1991). Nature and behavior of organic matter in soils under natural forest, and after deforestation, burning and cultivation, near Manaus. *Forest Ecology and Management* **38**:247-257.
- Chone, T., Andreuz, F., Correa, J.C., Volkhoff, B. and Cerri, C.C. (1991). Changes in organic matter in an Oxisol from the central Amazonian forest during eight years as pasture determined by ¹³C isotopic composition. Pages 397-405 in J. Berthelin, editor. Diversity of Environmental Biogeochemistry. Elsevier, Amsterdam.
- Chuluun, T., Tieszen, L.L. and Ojima, D. (1999). Land use impact on C4 plant cover of temperate east Asian grasslands. Pages 103-109 in K. Otsubo, editor. NIES Workshop on Information Bases and Modeling for Land-use and Land-cover Changes Studies in East Asia. Center for Global Environmental Research.
- Bernoux, M., Carvalho, M.D.S., Volkoff, B. and Cerri, C.C. (1994). Organic carbon and ¹³C content in soils and soil size-fractions, and their changes due to deforestation and pasture installation in eastern Amazonia. *Geoderma* **61**:103-118.
- Eden, M.J., McGregor, D.F.M. and Viera, N.A.Q. (1990). Pasture development on cleared forest land in northern Amazonia. *The Geographical Journal* **156**:283-296.
- Escobar, C.J. and Toriatti Dematte, J.L. (1991). Distribution of organic matter and natural carbon-13 in an Ultisol in the Amazon piedmont. *Pasturas Tropicales* **13**:27-30.

- Feigl, B.J., Melillo, J. and Cerri, C.C. (1995). Changes in the origin and quality of soil organic matter after pasture introduction in Rondonia (Brazil). *Plant and Soil* **175**:21-29.
- Fisher, M.J., Tao, I.M., Ayarza, M.A., Lascano, C.E., Sanz, J.I., Thomas, R.J. and Vera, R.R. (1994). Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas. *Nature* **371**:236-238.
- Frank, A.B., Tanaka, D.L., Hofmann, L. and Follett, R.F. (1995). Soil carbon and nitrogen of Northern Great Plains grasslands as influenced by long-term grazing. *Journal of Range Management* **48**:470-474.
- Franzluebbers, A.J., Stuedmann, J.A., Schomberg, H.H. and Wilkinson, S.R. (2000). Soil organic C and N pools under long-term pasture management in the Southern Piedmont USA. *Soil Biology and Biochemistry* **32**:469-478.
- Franzluebbers, A.J., Nazih, N., Stuedmann, J.A., Fuhrmann, J.J., Schomberg, H.H. and Hartel, P.G. (1999). Soil carbon and nitrogen pools under low- and high-endophyte-infected tall fescue. *Soil Science Society of America Journal* **63**:1687-1694.
- Garcia-Oliva, F., Casar, I., Morales, P. and Maass, J.M. (1994). Forest-to-pasture conversion influences on soil organic carbon dynamics in a tropical deciduous forest. *Oecologia* **99**:392-396.
- Goh, K.M., Stout, J.D. and Rafter, T.A. (1977). Radiocarbon enrichment of soil organic matter fractions in New Zealand soils. *Soil Science* **123**:385-391.
- Jackman, R.H. (1964). Accumulation of organic matter in some New Zealand soils under permanent pasture I. Patterns of change of organic carbon, nitrogen, sulphur, and phosphorous. *New Zealand Journal of Agricultural Research* **7**:445-471.
- Kohn, G.D., Osborne, G.J., Batten, G.D., Smith, A.N. and Lill, W.J. (1977). The effect of topdressed superphosphate on changes in Nitrogen : Carbon : Sulphur : Phosphorous and pH on a red earth soil during a long term grazing experiment. *Australian Journal of Soil Research* **15**:147-158.
- Koutika, L.S., Bartoli, F., Andreux, F., Cerri, C.C., Burtin, G., Chone, T. and Philipppy, R. (1997). Organic matter dynamics and aggregation in soils under rain forest and pastures of increasing age in the eastern Amazon Basin. *Geoderma*, **76**, 87-112.
- Loiseau, P. and Grignani, C. (1991). Status of organic nitrogen and fate of mineral nitrogen in mid-mountain pastures. *Agronomie* **11**:143-150.
- Lovell, R.D., Jarvis, S.C. and Bardgett, R.D. (1995). Soil microbial biomass and activity in long-term grassland: effects of management changes. *Soil Biology and Biochemistry* **27**:969-975.
- Lytton Hitchins, J.A., Koppi, A.J. and McBratney, A.B. (1994). The soil condition of adjacent bio-dynamic and conventionally managed dairy pasture in Victoria, Australia. *Soil Use and Management* **10**:79-87.
- Malhi, S.S., Harapiak, J.T., Nyborg, M., Gill, K.S. and Flore, N.A. (2002). Autumn and spring applications of ammonium nitrate and urea to brome grass influence total and light fraction organic C and N in a thin Black Chernozem. *Canadian Journal of Soil Science* **82**:211-217.
- Malhi, S.S., Nyborg, M., Harapiak, J.T., Heier, K. and Flore, N.A. (1997). Increasing organic C and N in soil under brome grass with long-term N fertilization. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* **49**:255-260.
- Manley, J.T., Schuman, G.E., Reeder, J.D. and Hart, R.H. (1995). Rangeland soil carbon and nitrogen responses to grazing. *Journal of Soil and Water Conservation* **50**:294-298.
- Moulin, A.P., McCartney, D.H., Bittman, S. and Nuttall, W.F. (1997). Long-term effects of fertilizer on soil carbon in a pasture soil.
- Naeth, M.A., Bailey, A.W., Pluth, D.J., Chanasyk, D.S. and Hardin, R.T. (1991). Grazing impacts on litter and soil organic matter in mixed prairie and fescue grassland ecosystems of Alberta. *Journal of Range Management* **44**:7-12.
- Neill, C., Melillo, J.M., Steudler, P.A., Cerri, C.C., Moraes, J.F.L.d., Piccolo, M.C. and Brito, M. (1997). Soil carbon and nitrogen stocks following forest clearing for pasture in the Southwestern Brazilian Amazon. *Ecological Applications* **7**:1216-1225.
- Nyborg, M., Malhi, S.S., Solberg, E.D. and Izaurralde, R.C. (1999). Carbon storage and light fraction C in a grassland dark gray chernozem soil as influenced by N and S fertilization. *Canadian Journal of Soil Science* **79**:317-320.
- Oberson, A., Friesen, D.K., Tiessen, H., Morel, C. and Stahel, W. (1999). Phosphorus status and cycling in native savanna and improved pastures on an acid low-P Colombian oxisol. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* **55**:77-88.

- Reiners, W.A., Bouwman, A.F., Parsons, W.F.J. and Keller, M. (1994). Tropical rain forest conversion to pasture: Changes in vegetation and soil properties. *Ecological Applications* **4**:363-377.
- Ridley, A.M., Slattery, W.J., Halyar, K.R. and Cowling, A. (1990). The importance of the carbon cycle to acidification of grazed animal pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture* **30**:529-537.
- Rixon, A.J. (1966). Soil fertility changes in a redbrown earth under irrigated pastures. *Australian Journal of Agricultural Research* **17**:303-316.
- Russell, J.S. (1960). Soil fertility changes in the long term experimental plots at Kybybolite, South Australia. I. Changes in pH, total nitrogen, organic carbon and bulk density. *Australian Journal of Agricultural Research* **11**:902-926.
- Schuman, G.E., Reeder, J.D., Manley, J.T., Hart, R.H. and Manley, W.A. (1999). Impact of grazing management on the carbon and nitrogen balance of a mixed-grass rangeland. *Ecological Applications* **9**:65-71.
- Shiel, R.S. (1986). Variation in amounts of carbon and nitrogen associated with particle size fractions of soils from the Palace Leas meadow hay plots. *Journal of Soil Science* **37**:249-257.
- Skjemstad, J.O., Catchpoole, V.R., Feuvre, R.P.I. and Le Feuvre, R.P. (1994). Carbon dynamics in Vertisols under several crops as assessed by natural abundance ^{13}C . *Australian Journal of Soil Research* **32**:311-321.
- Smoliak, S., Dormaar, J.F. and Johnston, A. (1972). Long-term grazing effects on Stipa-Bouteloua prairie soils. *Journal of Range Management* **25**:246-250.
- Trumbore, S.E., Davidson, E.A., Barbosa De Camargo, P., Nepstad, D.C. and Martinelli, L.A. (1995). Below-ground cycling of carbon in forests and pastures of Eastern Amazonia. *Global Biogeochemical Cycles* **9**:515-528.
- Veldkamp, E. (1994). Organic carbon turnover in three tropical soils under pasture after deforestation. *Soil Science Society of America Journal* **58**:175-180.
- Walker, T.W., Thapa, B.K. and Adams, A.F.R. (1959). Studies on soil organic matter. 3. Accumulation of carbon, nitrogen, sulphur, organic and total phosphorous in improved grassland soils. *Soil Science* **87**:135-140.
- Wang, Y. and Chen, Z. (1998). Distribution of soil organic carbon in the major grasslands of Xilinguole, Inner Mongolia, China. *Acta Phytoecologica Sinica* **22**:545-551.
- Wood, K.M., and Blackburn, W.H. (1984). Vegetation and soil responses to cattle grazing systems in the Texas rolling plains. *Journal of Range Management* **37**:303-308

CAPÍTULO 7

HUMEDALES

Autores

Sección Turba

Dominique Blain (Canadá), Clark Row (Estados Unidos), Jukka Alm (Finlandia), Kenneth Byrne (Irlanda), y Faizal Parish (Centro Ambiental Mundial, Malasia)

Sección Tierras inundadas

Sección basada en la Orientación para buenas prácticas del IPCC para LULUCF

Apéndice 2 – Posible método para estimar las emisiones de CO₂ de tierras convertidas en Tierras inundadas permanentemente: Base para su futuro desarrollo metodológico

Éric Duchemin (Canadá), Jari T. Huttunen (Finlandia), Alain Tremblay (Canadá), Robert Delmas (Francia), y Carlos Frederico Silveira Menezes (Brasil)

Apéndice 3 - Emisiones de CH₄ procedentes de las Tierras inundadas: Base para su futuro desarrollo metodológico

Éric Duchemin (Canadá), Jari T. Huttunen (Finlandia), Alain Tremblay (Canadá), Robert Delmas (Francia), y Carlos Frederico Silveira Menezes (Brasil)

Autores colaboradores

Tatiana Minayeva (Federación Rusa), Luis Pinguelli Rosa (Brasil), y Andrey Sirin (Federación Rusa)

Índice

7	Humedales	
7.1	Introducción	7.5
7.2	Bonales gestionados	7.8
7.2.1	Bonales que permanecen como tales	7.9
7.2.1.1	Emisiones de CO ₂ de Bonales que permanecen como tales	7.9
7.2.1.2	Emisiones de no-CO ₂ de Bonales que permanecen como tales	7.16
7.2.1.3	Evaluación de incertidumbre	7.18
7.2.2	Tierras en conversión para la extracción de turba	7.19
7.2.2.1	Emisiones de CO ₂ de tierras en conversión para la extracción de turba	7.19
7.2.2.2	Emisiones de no CO ₂ de tierras en conversión a bonales gestionados	7.21
7.2.2.3	Evaluación de incertidumbre	7.21
7.3	Tierras Inundadas	7.21
7.3.1	Tierras inundadas que permanecen como tales	7.22
7.3.2	Tierras convertidas en tierras inundadas	7.22
7.3.2.1	Emisiones de CO ₂ de tierras convertidas en tierras inundadas	7.22
7.3.2.2	Emisiones de no-CO ₂ de Tierras convertidas en tierras inundadas	7.23
7.3.2.3	Evaluación de incertidumbre	7.23
7.4	Exhaustividad, coherencia de la serie temporal y GC/CC	7.23
7.4.1	Exhaustividad	7.23
7.4.2	Desarrollo de una serie temporal coherente	7.24
7.4.3	Garantía de calidad y Control de calidad (GC/CC)	7.24
7.4.4	Generación de informes y documentación	7.24
7.5	Desarrollo metodológico futuro	7.24
	Referencias	7.26

Ecuaciones

Ecuación 7.1	Emisiones de CO ₂ de humedales	7.7
Ecuación 7.2	Emisiones de CO ₂ en bonales durante la extracción de turba.....	7.9
Ecuación 7.3	Emisiones de CO ₂ -C de bonales gestionados (Nivel 1)	7.11
Ecuación 7.4	Emisiones en el sitio de CO ₂ -C del suelo a partir de bonales gestionados (Nivel 1)	7.11
Ecuación 7.5	Emisiones de CO ₂ -C fuera del sitio a partir de bonales gestionados (Nivel 1)	7.12
Ecuación 7.6	Emisiones de CO ₂ -C en el sitio a partir de bonales gestionados (Niveles 2 y 3)	7.13
Ecuación 7.7	Emisiones de N ₂ O de bonales durante la extracción de turba	7.16
Ecuación 7.8	Emisiones de CO ₂ -C en bonales bajo drenaje para extracción de turba	7.19
Ecuación 7.9	Emisiones de CO ₂ -C del suelo en bonales bajo drenaje para extracción de turba	7.20
Ecuación 7.10	Cambio anual en las existencias de carbono en la biomasa viva de tierras convertidas en tierras permanentemente inundadas.....	7.22

Figura

Figura 7.1	Árbol de decisiones para estimar las emisiones de CO ₂ -C y N ₂ O de <i>Bonales que permanecen como tales</i>	7.10

Cuadros

Cuadro 7.1	Secciones con las emisiones más importantes de gases de efecto invernadero procedentes de los humedales	7.5
Cuadro 7.2	Orientación sobre emisiones de humedales gestionados para otros usos	7.6
Cuadro 7.3	Clases Ramsar de humedales creados por el hombre	7.6
Cuadro 7.4	Factores de emisión para CO ₂ -C e incertidumbre asociada para tierras gestionadas para extracción de turba, por zonas climáticas	7.14
Cuadro 7.5	Factores de conversión para CO ₂ -C para datos de producción en volumen y en peso.....	7.14
Cuadro 7.6	Factores de emisión por defecto para emisiones de N ₂ O de bonales gestionados	7.17

7 HUMEDALES

7.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se brinda orientación sobre cómo estimar y declarar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) producidas por humedales gestionados. Los humedales incluyen todo tipo de tierras que estén cubiertas o saturadas por aguas todo el año o la mayor parte y que no entran en las categorías de Tierras forestales, Tierras de cultivo o Pastizales. Los humedales gestionados se limitan a aquellos en los que el nivel freático se modifica artificialmente (p. ej., se drene o se eleve) o a los que hayan sido creados por la actividad humana (p. ej., embalsado de un río). Las emisiones de los humedales no gestionados no se estiman.

Se suministran metodologías para:

- Bonales liberados y drenados para la producción de turba de uso energético, hortícola o de otro carácter (Sección 7.2). Ahora, la metodología de estimación, aunque sea esencialmente la misma que en el informe del IPCC de *Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura* (GPG-LULUCF), incluye las emisiones resultantes del uso de turba hortícola.
- Reservorios o embalses para producción de energía, irrigación, navegación o recreación (Sección 7.3). Actualmente, el alcance de la evaluación llega a las emisiones de CO₂ de todas las tierras convertidas en Tierras inundadas permanentemente. Las Tierras inundadas no incluyen los lagos ni ríos regulados a menos que se haya producido un incremento sustancial en la superficie acuática.

En pro de la simplicidad, en el resto de esta sección se hará referencia a bonales gestionados para la extracción de turba como bonales y a las tierras inundadas de los reservorios como Tierras Inundadas. En el Cuadro 7.1 se aclara el alcance de la evaluación y de las correspondientes secciones de este capítulo.

CUADRO 7.1 SECCIONES CON LAS EMISIONES MÁS IMPORTANTES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO PROCEDENTES DE LOS HUMEDALES		
Categoría de uso de la tierra/GHG	Bonales	Tierras Inundadas
Humedales que permanecen como tales.		
CO ₂	Sección 7.2.1.1	Sin orientación ¹
CH ₄	Sin orientación ²	Apéndice 3
N ₂ O	Sección 7.2.1.1	Sin orientación ³
Tierras convertidas en Humedales		
CO ₂	Sección 7.2.2.1	Sección 7.3.2.1 y Apéndice 2
CH ₄	Sin orientación ²	Apéndice 3
N ₂ O	Sección 7.2.2.2	Sin orientación ³
NOTAS: ¹ Las emisiones de CO ₂ de <i>Tierras inundadas que permanecen como tales</i> están cubiertas por las estimaciones de los cambios en las existencias de carbono de los usos de la tierra y los cambios en el uso de la tierra (p. ej., suelos) corriente arriba de la Tierra Inundada. ² La emisión de metano de los bonales es insignificante con posterioridad al drenaje que se produce durante la conversión y la extracción de turba. ³ Las emisiones de N ₂ O de las Tierras inundadas se incluyen en las estimaciones de N ₂ O indirecto de los escurrimientos agrícolas y de otros tipos, y de las aguas residuales.		

Es frecuente que los humedales se gestionen para otros usos, como la gestión de bosques y pastizales, o tierras de cultivo. En general, el nivel científico de conocimientos sobre los balances de gases de efecto invernadero de los distintos tipos de humedales es todavía bastante bajo e incierto; no obstante, se continúa estudiando sobre este tema (p. ej., Boreal Env. Res. 11, 2006). En el Cuadro 7.2 se indica dónde encontrar la orientación con respecto a estos humedales gestionados.

CUADRO 7.2 ORIENTACIÓN SOBRE EMISIONES DE HUMEDALES GESTIONADOS PARA OTROS USOS	
Categoría de uso de la tierra	Volumen/Sección de estas Directrices
Humedales ya convertidos o convirtiéndose en:	
Tierras de cultivo, incluyendo «pantanos arbolados» para arándanos y otras frutas ericáceas.	Volumen 4, Capítulo 5 (Sección 5.3)
Pastizales gestionados	Volumen 4, Capítulo 6 (Sección 6.3)
Tierras forestales gestionadas, incluyendo humedales drenados o no drenados según las definiciones nacionales.	Volumen 4, Capítulo 4 (Sección 4.3)
Cultivo del arroz	Volumen 4, Capítulo 5 (Sección 5.5)

Hay algunos usos de los humedales que no se incluyen porque no se dispone de metodologías apropiadas. Entre estos se incluyen los estanques de gestión de estiércol, los de efluentes industriales, los de acuicultura y la rehumectación de humedales previamente drenados o la restauración de humedales (véase la Sección 7.5, Desarrollo metodológico futuro). Los países en los que estas actividades sean significativas deben considerar la realización de trabajos de investigación para evaluar su aporte a las emisiones u absorciones de gases de efecto invernadero. Las emisiones de N₂O de humedales gestionados para la filtración de efluentes agrícolas de fuente difusa, como fertilizantes y pesticidas, se incluyen en las emisiones indirectas de los abonos del suelo (Volumen 4, Capítulo 11).

La mayoría de las clasificaciones ecológicas de los humedales, incluidas las de la Convención de Ramsar sobre Humedales, consideran muchas de estas tierras como Humedales e, incluso, a las que sufren perturbaciones por actividades humanas o las que se construyen artificialmente. La clasificación de Humedales adoptada por la Convención de Ramsar (Ramsar, 1996) se emplea mucho en cuanto a aspectos de gestión. En el Cuadro 7.3 se relacionan las clases de humedales de que trata este informe con ciertas definiciones de la Convención de Ramsar.

CUADRO 7.3 CLASES RAMSAR DE HUMEDALES CREADOS POR EL HOMBRE		
Clase RAMSAR	Subcategorías de humedales correspondientes en la terminología del IPCC	Orientación metodológica
Acuicultura	Tierras inundadas	No ¹
Estanques	Tierras inundadas	No ¹
Tierras irrigadas (si se las cultiva)	tierras de cultivo	No ²
Tierras agríc. inundadas por temporadas	Cultivo del arroz	Sí (Vol. 4, Capítulo 5)
Emplazamientos de explotación salina	---	No ¹
Zonas de almacenamiento de agua	Tierras inundadas	Sí (este capítulo)
Excavaciones (en parte)	Bonales gestionados p/ extracción de turba	Sí (este capítulo)
Áreas de tratamiento de aguas residuales	«Humedales construidos» o Sector Desechos	No ³
Canales y canales de drenaje, acequias.	--	No ³
NOTAS: ¹ No se dispone de metodologías por defecto apropiadas para estas fuentes. ² El capítulo sobre Tierras de cultivo incluye esta fuente. ³ Las emisiones de CH ₄ y N ₂ O procedentes de las descargas de aguas residuales a canales, ríos, lagos, mares y canales de drenaje o acequias, así como las áreas de tratamiento de aguas residuales están cubiertas en el Volumen 5, Capítulo 3, aunque no lo están las emisiones adicionales de nuevos humedales. Las emisiones de N ₂ O del lixiviado de fertilizantes nitrogenados están cubiertas en el Volumen 4, Capítulo 11. Fuente: Ramsar, 1996		

Emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero de humedales

Los humedales son ecosistemas en los que los procesos biológicos y geoquímicos, así como las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero resultantes se controlan según el grado de saturación del agua y según el clima y la disponibilidad de nutrientes.

Como en otros ecosistemas, el flujo neto de carbono hacia o desde la atmósfera es el resultado de un balance entre la absorción de carbono de la atmósfera por fotosíntesis y su liberación como resultado de la descomposición. Tanto las tasas de absorción de C como las de pérdidas por descomposición se ven influenciadas por el clima, la disponibilidad de nutrientes, la saturación del agua o la disponibilidad de oxígeno. En condiciones aeróbicas (de abundante oxígeno), que prevalecen en la mayoría de los ecosistemas de tierras altas, la descomposición libera CO₂, mientras que, en condiciones anaeróbicas, prevalecen las emisiones de CH₄ (Moore y Knowles, 1989).

En la mayoría de los humedales, alrededor de un 90 por ciento del carbono de la producción primaria bruta vuelve a la atmósfera por descomposición (Cicerone y Oremland, 1988). El material que no se descompone se hunde hasta el fondo de la masa de agua y se acumula encima del material depositado anteriormente.

Bajo condiciones de saturación¹ o en ambientes inundados, la actividad de las bacterias aeróbicas y de otros organismos de descomposición se ve limitada por la disponibilidad de oxígeno. Las condiciones anóxicas (con agotamiento de oxígeno) que se encuentran habitualmente en el fondo de la masa de agua evitan la ulterior descomposición de la materia orgánica por parte de estos organismos. Hay otras bacterias, metanógenos, sulfurógenos, etc. que pueden descomponer al menos parte de la materia orgánica, lo que produce emisiones de CH₄ y de otros gases. Si el metano se difunde hacia arriba por la columna de agua o la capa superior del suelo aireado, existe, además, otro grupo de bacterias, metanotrofos, que oxidan parcialmente al metano y lo convierten en CO₂ antes de que se lo libere. En general, los humedales constituyen una fuente natural de CH₄, con emisiones que se estiman en 55-150 Tg CH₄ año⁻¹ (Watson *et al.*, 2000).

Generalmente, las emisiones de N₂O de los ecosistemas saturados son muy bajas, a menos que haya un suministro sostenido de nitrógeno exógeno. Cuando los humedales, y especialmente los bonales, se drenan, las tasas de emisión de N₂O se controlan mayormente mediante la provisión de nitrógeno por mineralización; es decir por la fertilización del suelo. Bajo condiciones minerotróficas (ricas en nutrientes), hay otros controles, como el pH, la temperatura y el nivel del agua, que regulan la nitrificación del nitrógeno mineral y su ulterior reducción a N₂O (Klemetsson *et al.*, 2005; Martikainen *et al.*, 1995).

En resumen, el drenaje de los humedales produce una reducción en las emisiones de CH₄, un incremento en las emisiones de CO₂ debido a la mayor oxidación del material orgánico del suelo, y un aumento en las emisiones de N₂O en humedales minerotróficos.

A la inversa, la creación de humedales mediante la inundación altera la pauta de las emisiones de gases de efecto invernadero y produce mayores emisiones de CH₄ y menos emisiones de CO₂. Según el clima y las características del reservorio, pueden producirse emisiones tanto de CO₂ como de CH₄ a partir de la descomposición de biomasa sumergida y de la descomposición de materia orgánica y de otras partículas disueltas de materia orgánica del suelo inundado.

En las correspondientes secciones de este capítulo se analizan aspectos metodológicos más específicos de los dos tipos de humedales gestionados.

Resumen de lo que debe declararse

El total de las emisiones de CO₂ de humedales se estima como la suma de las emisiones de los dos tipos de humedales gestionados (Ecuación 7.1).

$$\begin{aligned} &\text{ECUACIÓN 7.1} \\ &\text{EMISIONES DE CO}_2 \text{ DE HUMEDALES} \\ &CO_{2\_w} = CO_{2\_Wturba} + CO_{2\_Winund.} \end{aligned}$$

Donde:

CO_{2_w} = emisiones de CO₂ de humedales, Gg CO₂ año⁻¹

CO_{2_Wturba} = emisiones de CO₂ de bonales gestionados para la producción de turba, Gg CO₂ año⁻¹

CO_{2_Winund.} = emisiones de CO₂ de (tierras convertidas en) Tierras inundadas, Gg CO₂ año⁻¹

¹ El suelo se satura cuando todo el espacio de aire existente entre las partículas del suelo se llena con agua, lo que produce condiciones anaeróbicas.

Dada la naturaleza de los suelos orgánicos, de los saturados y de las superficies cubiertas por agua, por lo general, la metodología para la estimación de las emisiones de CO₂ se basa en el desarrollo de factores de emisión y en información sobre las existencias de biomasa en la tierra previas a la inundación. Algunas actividades, p. ej. la remoción de vegetación y su ulterior quemado en *Tierras en conversión para la extracción de turba*, producen emisiones que pueden estimarse como cambios en las existencias de carbono, en cuyo caso se suministran referencias a los métodos genéricos del Capítulo 2.

Se suministra una metodología por defecto para emisiones de N₂O sólo para bonales gestionados para extracción de turba.

7.2 BONALES GESTIONADOS

La turba se acumula en los humedales cuando la generación anual de materia orgánica excede la cantidad de aquella que se descompone. La pauta de desarrollo de los depósitos de turba varía con el clima y la hidrología y la sucesión de tipos de bonales en una zona dada puede ser compleja (Mitsch y Gosselink, 2000). El secuestro de carbono puede ser de sólo 20 a 50 kg/há por año (Watson *et al.*, 2000), lo que es bastante poco comparado con los rendimientos de las cosechas de cultivos. La mayoría de los depósitos de turba se han venido acumulando durante varios miles de años y muchos de ellos desde la desaparición del último glaciar de la edad de los glaciares hace más de 8000 años.

El ciclo de producción de un bonal incluye tres fases (*Canadian Sphagnum Turba Moss Association*, 2004; Nilsson y Nilsson, 2004):

- (i) Conversión de tierras en preparación para la extracción de turba. La conversión comienza con la construcción de acequias de drenaje principales y secundarias que permiten eliminar el agua de la zona por drenaje. En cuanto empieza a bajar el nivel freático, se quita y se destruye la biomasa de la superficie, incluidos todos los árboles o arbustos y la capa viva de vegetación que produce turba. Esta etapa puede llevar varios años. Las áreas de extracción de turba se establecen también en zonas drenadas previamente con otros propósitos. En general, esto requiere sólo algunas mejoras o un refinamiento de la pauta de drenaje. El principal flujo de gases de efecto invernadero de este proceso es la emisión de CO₂ producida por la remoción de biomasa y por la descomposición de la turba drenada. Esta fase corresponde a la conversión de tierras en bonales y se analiza en la Sección 7.2.2.
- (ii) Extracción: Hay un tipo de extracción por el que, anualmente, se «muele» o se desintegra la superficie de la turba en partículas, lo que, posteriormente, se seca en los meses de verano. Después, las partículas de turba secadas por el aire se recogen y se transportan desde la zona hasta las reservas. Por un tipo más antiguo de extracción se corta la superficie del depósito de turba en pequeños bloques que se dejan secar. Independientemente de la tecnología de extracción, la velocidad del secado y de la producción anual de turba se incrementan según la frecuencia de las condiciones de tiempo seco. La extracción puede continuar de 20 a 50 años antes de que se alcance la profundidad económicamente rentable del depósito de turba. Las principales emisiones de gases de efecto invernadero de esta fase son las resultantes de la descomposición de la turba, tanto en el sitio (turba drenada, expuesta) y fuera de él (turba extraída y utilizada en otra parte. Esta fase corresponde a *Bonales que permanecen como tales* y se analiza en la Sección 7.2.1.

Dado que las emisiones de bonales sujetos a extracción difieren sustancialmente en escala y tipo de las emisiones de *Tierras en conversión para la extracción de turba*, en los países con una activa industria de turba deben separarse los bonales gestionados consecuentemente.

- (iii) Abandono, restauración o conversión para otro uso: La extracción de turba se interrumpe cuando ya no resulta rentable su extracción desde el depósito. En general, las emisiones de gases de efecto invernadero continúan produciéndose en estas tierras y deben declararse siguiendo la orientación que se ofrece en la Sección 7.2.1, siempre que la tierra no se convierta para otro uso. Dado que no se suministra metodología alguna para estimar las emisiones o absorciones de gases de efecto invernadero de bonales restaurados, los países que tengan gran cantidad de éstos pueden analizar las posibilidades de desarrollar o recabar la información científica que sirva de base al desarrollo de metodologías de estimación de gases de efecto invernadero (véase la Sección 7.5 desarrollo metodológico futuro). Deben declararse los despojos de bonales que se deforestan o se cultivan bajo *Tierras convertidas en tierras forestales* (Capítulo 4, Sección 4.3) y *Tierras convertidas en tierras de cultivo* (Capítulo 5, Sección 5.3).

Los bonales sometidos a extracción (es decir, los *Bonales que permanecen como tales*) se consideran en primer lugar, de manera similar a los demás capítulos, aunque en forma inversa a la secuencia habitual de producción de turba, como se mencionara precedentemente.

7.2.1 Bonales que permanecen como tales.

Esta sección se refiere a las emisiones de bonales sometidos a una activa extracción de turba. El uso de la turba es muy diverso: alrededor de la mitad se emplea para energía; el resto para horticultura, paisajismo, tratamiento de aguas residuales industriales y otros propósitos (International Turba Society, 2004). Las técnicas para la extracción de turba de los depósitos son similares y deben declararse todas las fuentes del lugar que producen emisiones de gases de efecto invernadero bajo esta categoría, independientemente del uso final que se le dé a la turba. Las emisiones producidas por el uso para energía fuera de sitio deben declararse en el Sector Energía y no se las considera en este capítulo.

7.2.1.1 EMISIONES DE CO₂ DE BONALES QUE PERMANECEN COMO TALES

La estimación de las emisiones de CO₂ de tierras sometidas a extracción de turba incluye dos elementos básicos: emisiones en el sitio de depósitos de turba durante la etapa de extracción y emisiones fuera del sitio por el uso hortícola (no energético) de la turba (Ecuación 7.2). La extracción de la turba comienza por el desmonte de vegetación (Sección 7.1), lo que impide el ulterior secuestro de carbono, de modo que sólo se consideran las emisiones de CO₂.

ECUACIÓN 7.2
EMISIONES DE CO₂ EN BONALES DURANTE LA EXTRACCIÓN DE TURBA

$$CO_{2\text{WWturba}} = \left(CO_2 - C_{\text{turba fuera del sitio}} + CO_2 - C_{\text{WW turba en el sitio}} \right) \cdot \left(\frac{44}{12} \right)$$

Donde:

$CO_{2\text{WWturba}}$ = emisiones de CO₂ de tierras sometidas a extracción de turba, Gg CO₂ año⁻¹

$CO_2 - C_{\text{WW turba fuera del sitio}}$ = emisiones de CO₂-C fuera del sitio de turba sacada para uso hortícola, Gg C año⁻¹

$CO_2 - C_{\text{WW turba en el sitio}}$ = emisiones de CO₂-C en el sitio de depósitos turba drenados, Gg C año⁻¹

Las emisiones de CO₂-C fuera del sitio se asocian con el uso hortícola (no energético) de la turba extraída y removida. Las emisiones fuera de sitio por el uso de turba para energía deben declararse en el sector Energía y, por lo tanto, no se incluyen aquí.

Independientemente del uso final que se le dará a la turba, la elección del método, los factores de emisión y los datos de la actividad para estimar las emisiones en el sitio pueden ser las mismas, siempre que los datos se desagreguen por tipo de turba, lo que tiene estrecha relación con el nivel de nutrientes (rico y pobre), y si la zona climática es la apropiada.

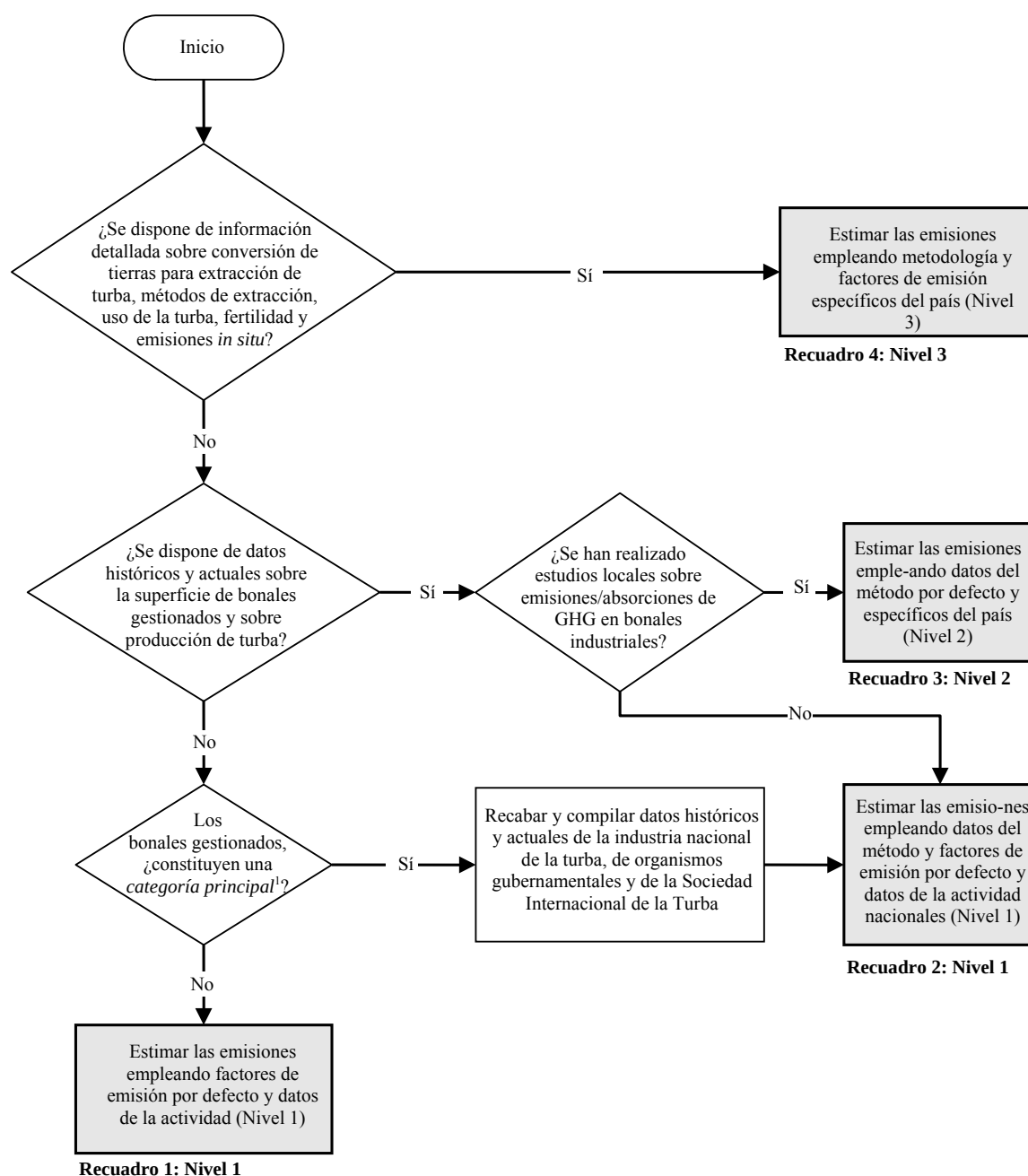
ELECCIÓN DEL MÉTODO

En la Figura 7.1 se presenta el árbol de decisiones para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero de bonales.

Nivel 1

Se suministra una metodología por defecto que cubre las emisiones de CO₂ en el sitio (sin distinción entre las fases de la producción de turba), y el uso hortícola de la turba (Ecuaciones 7.3 a 7.5).

Figura 7.1 Árbol de decisiones para estimar las emisiones de CO₂-C y N₂O de *Bonales que permanecen como tales*



Nota:

1: Véase el Volumen 1, Capítulo 4, «Opción metodológica e identificación de categorías principales» (principalmente la sección 4.1.2 relativa a los recursos limitados) para el análisis de las *categorías principales* y el uso de los árboles de decisión.

ECUACIÓN 7.3
EMISIONES DE CO₂-C² DE BONALES GESTIONADOS (NIVEL 1)

$$CO_2-C_{WW_{turba}} = CO_2-C_{WW_{turba \text{ fuera-del-sitio}}} + CO_2-C_{WW_{turba \text{ en-el-sitio}}}$$

Donde:

$CO_2-C_{WW_{turba}}$ = emisiones de CO₂-C de bonales gestionados, Gg C año⁻¹

$CO_2-C_{WW_{turba \text{ en-el-sitio}}}$ = emisiones en el sitio de depósitos de turba (todas las fases de producción), Gg C año⁻¹

$CO_2-C_{WW_{turba \text{ fuera-del-sitio}}}$ = emisiones de CO₂-C fuera del sitio de turba sacada para uso hortícola, Gg C año⁻¹

La Ecuación 7.4 se aplica al total de la superficie de los bonales gestionados, incluidas las tierras en conversión a bonales y los bonales abandonados, a menos que éstos se conviertan a otro uso, en cuyo caso las emisiones deben atribuirse al nuevo uso de la tierra; p. ej., Tierras de cultivo o Tierras forestales.

En la metodología de Nivel 1 se consideran sólo las emisiones del desmonte de biomasa. Cuando aumenta la superficie total de bonales gestionados, se está produciendo una conversión en bonales. La conversión de bonales para extracción de turba implica el desmonte y la remoción de vegetación. El término $\Delta C_{WW_{turba B}}$ de la Ecuación 7.4 se estima como $\Delta C_{conversión}$, utilizando la Ecuación 2.16 (Capítulo 2 de este Volumen). Se supone que los demás cambios en las existencias de C de la biomasa viva en tierras de turba gestionadas equivalen a cero.

ECUACIÓN 7.4
EMISIONES EN EL SITIO DE CO₂-C DEL SUELO A PARTIR DE BONALES GESTIONADOS (NIVEL

$$1) CO_2-C_{WW_{turba \text{ en-el-sitio}}} = \left[\frac{(A_{turbaRica} \cdot EF_{CO_2_{turbaRica}}) + (A_{turbaPobre} \cdot EF_{CO_2_{turbaPobre}})}{1000} \right] + \Delta C_{WW_{turba B}}$$

Donde:

$CO_2-C_{WW_{turba \text{ en-el-sitio}}}$ = emisiones de CO₂-C en el sitio de depósitos de turba (todas las fases de producción), Gg C año⁻¹

$A_{turbaRica}$ = superficie de suelos con turba rica en nutrientes gestionados para extracción de turba (todas las fases de producción), há

$A_{turbaPobre}$ = superficie de suelos con turba pobre en nutrientes gestionados para extracción de turba (todas las fases de producción), há

$EF_{CO_2_{turbaRica}}$ = factores de emisión de CO₂ para suelos de turba rica en nutrientes gestionados para la extracción de turba o abandonados después de la extracción de turba, ton C há⁻¹ año⁻¹

$EF_{CO_2_{turbaPobre}}$ = factores de emisión de CO₂ para suelos de turba pobre en nutrientes gestionados para la extracción de turba o abandonados después de la extracción de turba, ton C há⁻¹ año⁻¹

$\Delta C_{WW_{turba B}}$ = emisiones de CO₂-C producidas por cambios en las existencias de carbono en biomasa por desmonte de la vegetación, Gg C año⁻¹

² CO₂-C se refiere al carbono emitido como CO₂

Las estimaciones de las emisiones fuera del sitio se derivan convirtiendo los datos de producción anual de turba (ya sea en volumen o en peso con aire seco) al peso del carbono (Ecuación 7.5). Se supone que todo el carbono de la turba hortícola se emite durante el año de la extracción. Los países pueden modificar esta hipótesis si usan niveles más altos.

ECUACIÓN 7.5
EMISIONES DE CO₂-C FUERA DEL SITIO A PARTIR DE BONALES GESTIONADOS (NIVEL 1)

$$CO_2-C_{WW_{turba \text{ fuera-del-sitio}}} = \frac{(Wt_{turba\_seca} \bullet C_{fraction_{wt\_turba}})}{1000}$$

o

$$CO_2-C_{WW_{turba \text{ fuera-del-sitio}}} = \frac{(Vol_{turba\_seca} \bullet C_{fraction_{vol\_turba}})}{1000}$$

Donde:

$CO_2-C_{WW_{turba \text{ fuera-del-sitio}}}$ = emisiones de CO₂-C fuera del sitio de turba sacada para uso hortícola, Gg C año⁻¹

Wt_{turba_seca} = peso en aire seco de la turba extraída, ton año⁻¹

Vol_{turba_seca} = volumen de turba en aire seco extraída, m³ año⁻¹

$C_{fracción_{wt\_turba}}$ = fracción de carbono en aire seco por peso, (ton de turba en aire seco)⁻¹

$C_{fracción_{vol\_turba}}$ = fracción de carbono en aire seco por volumen, ton C (m³ de turba en aire seco)⁻¹

Nivel 2

En los cálculos del Nivel 2 se utilizan factores de emisión y parámetros específicos del país, desagregados espacialmente para reflejar prácticas regionalmente importantes y las dinámicas ecológicas dominantes. Puede resultar apropiado subdividir los datos de la actividad y los factores de emisión según las prácticas de extracción (p. ej., la tecnología utilizada para secar y extraer la turba), la fertilidad y composición de la turba según se vean influenciadas por la cobertura vegetal previa, y la fracción de carbono de la turba en aire seco bajo los climas locales. Generalmente, el drenaje de bonales conduce a la compactación de la turba y a su hundimiento, así como a la oxidación y a las pérdidas de carbono en formas diferentes al CO₂. El acrotelmo (zona superior y óxica de la turba) es susceptible a las variaciones estacionales en contenido de humedad volumétrica, especialmente si la estructura de la turba ha sido alterada (Waddington & Price, 2000). En consecuencia, las mediciones de los cambios de las existencias de carbono en los suelos con turba son difíciles de realizar y es poco factible estimar correctamente los flujos de CO₂ de estos suelos, por lo que no se recomiendan a menos que los datos estén cuidadosamente calibrados.

Las metodologías del Nivel 2 implican separar los bonales que se están convirtiendo para la extracción de turba de aquellos que ya están produciendo turba a nivel comercial. En la Sección 7.2.2 se describen las metodologías de estimación para *Tierras en conversión para extracción de turba*. Se debe tener cuidado de no realizar el cómputo doble de las emisiones de CO₂ del desmonte de biomasa.

Nivel 3

Un método de Nivel 3 implica una comprensión y una representación exhaustivas de la dinámica de las emisiones y absorciones de CO₂ en bonales gestionados, incluyendo el efecto de las características del sitio, el tipo y la profundidad de la turba, la tecnología de extracción, y las fases de la extracción de turba descritas al comienzo de la Sección 7.2. La metodología incluye todas las fuentes conocidas de CO₂ en el sitio (Ecuación 7.6). El término $CO_2-C_{WW_{turba \text{ conversión}}}$ de la Ecuación 7.6 se refiere a las emisiones de la conversión del uso de la tierra, incluidos los cambios en las existencias de carbono de la biomasa y de las emisiones del suelo. El término $CO_2-C_{WW_{turba \text{ extracción}}}$ corresponde a las emisiones en el sitio a declarar bajo el Nivel 1 (menos el término biomasa, ahora incluido en $CO_2-C_{WW_{turba \text{ conversión}}}$). Las emisiones de reservas de turba que se están secando (variable $CO_2-C_{WW_{turba \text{ reservas}}}$) son mucho más inciertas. Las temperaturas más altas pueden hacer que las reservas liberen más CO₂ que el campo de excavación pero, actualmente, los datos no son suficientes como para ofrecer orientación. Las

pautas de emisión de CO₂ de bonales abandonados (CO₂-C_{WW turba_{post}}) varían según las técnicas de restauración y las tasas de respiración del suelo y de regeneración de la vegetación (Petrone *et al.*, 2003; Waddington y McNeil, 2002; Komulainen *et al.*, 1999); por lo tanto, estas pautas son específicas del lugar. Como en el Nivel 2, no se recomiendan las mediciones directas de los cambios en las existencias de C del suelo. Los países con industrias de extracción de turba y actividades de restauración significativas deben tomarse la tarea de documentar por separado las tres fuentes de CO₂ del sitio de la Ecuación 7.6.

ECUACIÓN 7.6

EMISIONES DE CO₂-C EN EL SITIO A PARTIR DE BONALES GESTIONADOS (NIVELES 2 Y 3)

$$CO_2-C_{WW_{peat\ on-site}} = \left(\begin{matrix} CO_2-C_{WW_{peat\ conversion}} + CO_2-C_{WW_{peat\ extraction}} \\ CO_2-C_{WW_{peat\ stockpiling}} + CO_2-C_{WW_{peat\ post}} \end{matrix} \right)$$

Donde:

CO₂-C_{WW turba_{en-el-sitio}} = emisiones de CO₂-C en el sitio de depósitos de turba, Gg C año⁻¹

CO₂-C_{WW turba_{conversion} turba} = emisiones de CO₂-C en el sitio de la conversión de tierras para extracción de turba, Gg C año⁻¹

CO₂-C_{WW turba_{extracción} año⁻¹} = emisiones de CO₂-C desde la superficie de la zona de extracción de turba, Gg C año⁻¹

CO₂-C_{WW turba_{reservas} año⁻¹} = emisiones de CO₂-C desde reservas de turba previas a su remoción del sitio, Gg C año⁻¹

CO₂-C_{WW turba_{post}} = emisiones de CO₂-C desde suelos de bonales abandonados cortados, Gg C año⁻¹

ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Nivel 1

La aplicación del método de Nivel 1 exige el uso de los factores de emisión en el sitio por defecto, EF_{CO₂turbaRica} y EF_{CO₂turbaPobre}, y las fracciones de carbono por defecto de turba por peso (Cfracción_{wt_turba}) o por volumen (Cfracción_{vol_turba}) para estimar las emisiones fuera del sitio a partir de los datos de producción en peso y en volumen, respectivamente. Los valores por defecto de EF_{CO₂turbaRica} y EF_{CO₂turbaPobre} se encuentran en el Cuadro 7.4. Las fracciones de turba por defecto se presentan en el Cuadro 7.5. En las regiones boreales predominan los «pantanos arbolados» pobres en nutrientes, mientras que, en las regiones templadas, son más comunes los pantanos y las turberas ricos en nutrientes. Los tipos de bonales pueden inferirse a partir del uso final que se da a la turba: la turba esfagnácea, dominante en los «pantanos arbolados» (pobres en nutrientes), es la preferida para uso hortícola, mientras que la turba ciperácea, más común en pantanos minerotróficos (ricos en nutrientes) es más apropiada para la generación de energía. Los países boreales que no cuentan con información sobre las áreas de bonales ricos y pobres en nutrientes deben utilizar el factor de emisión para bonales pobres en nutrientes. Los países templados que no cuenten con esa información deben utilizar el factor de emisión para bonales ricos en nutrientes. Sólo se suministra un factor por defecto para las regiones tropicales, por lo que no resulta necesario desagregar la superficie de bonales según la fertilidad del suelo en los países tropicales que emplean el método de Nivel 1.

CUADRO 7.4 FACTORES DE EMISIÓN PARA CO₂-C E INCERTIDUMBRE ASOCIADA PARA TIERRAS GESTIONADAS PARA EXTRACCIÓN DE TURBA, POR ZONAS CLIMÁTICAS			
Zona climática	Factor de emisión (ton C há⁻¹ año⁻¹)	Incertidumbre * (ton C há⁻¹ año⁻¹)	Referencia/Comentario ^b
Boreal y templado			
EF _{CO₂turba} Pobre pobre en nutrientes	0,2	0 a 0,63	Laine y Minkkinen, 1996; Alm <i>et al.</i> , 1999; Laine <i>et al.</i> , 1996; Minkkinen <i>et al.</i> , 2002
EF _{CO₂turba} Rica rica en nutrientes	1,1	0,03 a 2,9	Laine <i>et al.</i> , 1996; LUSTRA, 2002; Minkkinen <i>et al.</i> , 2002; Sundh <i>et al.</i> , 2000
Tropical			
EF _{CO₂turba}	2,0	0,06 a 7,0	Calculado a partir de la diferencia relativa existente entre el clima templado (pobre en nutrientes) y tropical
^a Rango de datos subyacentes ^b Los valores para boreal y templado se han desarrollado como media a partir de una revisión de mediciones de parcelas apareadas, suponiendo que las condiciones en los suelos orgánicos convertidos para la extracción de turba son solo de levemente drenados. La mayoría de los datos pertenece a bonales europeos que no están necesariamente en producción.			

CUADRO 7.5 FACTORES DE CONVERSIÓN PARA CO₂-C PARA DATOS DE PRODUCCIÓN EN VOLUMEN Y EN PESO		
Zona climática	Cfracción_{wt_turba} [ton C (ton turba en aire seco)⁻¹]	Cfracción_{vol_turba} (ton C por m³ C turba en aire seco)
Boreal y templado		
Pobre en nutrientes	0,45	0,07
Rico en nutrientes	0,40	0,24
Tropical		
Humus tropical	0,34	0,26
Calculado a partir de Prospección Geológica de los EEUU (2004): densidad aparente promedio del sondeo y contenidos típicos de humedad y de carbono. Sobre la base de un 35-55% de contenido de humedad en la turba en aire seco.		

Niveles 2 y 3

La incertidumbre de los factores de emisión se puede reducir mediante la medición del contenido de humedad y la fracción de carbono de la turba extraída según los climas y las prácticas de extracción locales, teniendo en cuenta la variabilidad climática interanual. Se deben utilizar las mediciones de flujo de CO₂ desagregadas espacialmente para desarrollar factores de emisión *in situ* más precisos, corrigiendo según las pérdidas de carbono producidas por la lixiviación del carbono orgánico disuelto o por escurrimiento. En las zonas boreales, las emisiones del invierno pueden representar entre el 10 y el 30% de las emisiones netas anuales (Alm *et al.*, 1999) y se las debe estimar. Las mediciones desagregadas del flujo de CO₂ de las reservas de turba y de sitios de excavación de turba abandonados y restaurados podrían servir de ayuda para reducir la ulterior estimación de incertidumbres. La bibliografía es escasa y se alienta a los países a compartir datos cuando la calidad de la turba, las condiciones ambientales y las prácticas de extracción sean similares.

ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Todos los Niveles requieren datos sobre las superficies de bonales gestionados para la extracción de turba (A_{turbaRica} y/o A_{turbaPobre}) y los datos de producción de turba por peso o volumen de turba en aire seco (W_{t_{dry}_turba} o Vol_{t_{dry}_turba}).

Nivel 1

La metodología por defecto supone que un país tiene estimaciones de la superficie total de la que se extrae actualmente o se extraía, incluidos los bonales comerciales anteriores que no se han convertido a otros usos. En las regiones templadas y boreales, siempre que sea posible, esta superficie debe separarse por rica en nutrientes y pobre en nutrientes con la hipótesis por defecto coherente siguiendo el consejo citado precedentemente respecto a los factores de emisión. Además, se debe saber la cantidad (por peso o volumen en seco) de la turba extraída anualmente para estimar las emisiones de CO₂ fuera del sitio.

Los conjuntos de datos internacionales sobre los sitios de extracción y la producción de turba varían en cuanto a calidad y coherencia. Las fuentes de datos de producción y de superficie pueden no ser las mismas y es factible que diferentes definiciones y años entre fuentes y países provoquen incoherencias. Dado que los métodos de extracción de turba confían en los días secos y soleados para el secado de la turba, la producción varía según si el tiempo estival es apropiado. A los efectos de estimar las emisiones fuera del sitio, los datos de producción de turba deben separarse según el uso final; es decir, turba hortícola y turba para combustión, dado que los métodos de estimación de este Capítulo sólo requieren la producción de turba hortícola. Si resulta imposible separar la cantidad de turba producida para cada uso final, las emisiones del consumo de turba deben contabilizarse bajo el sector de inventario correspondiente al uso final predominante de la turba producida localmente. Se pueden encontrar datos útiles en Joosten (2004); Joosten y Clarke (2002); Sirin y Minayeva (2001); Lappalainen (1996); y en los inventarios publicados por Wetlands International (<http://www.wetlands.org/>). Hay datos de producción de turba a disposición en publicaciones del Consejo Mundial de la Energía (2004) (para turba de combustión) y en la Prospección Geológica de los Estados Unidos (<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/turba/>). Se puede obtener información adicional de la Sociedad Internacional de la Turba (<http://www.turbasociety.org/>) o del Grupo Internacional para la Conservación de las Turberas (<http://www.imcg.net/>).

Cuando no se cuenta con las superficies ni con los datos de producción, es posible que se puedan derivar las unas de los otros empleando un factor de conversión por defecto equivalente a una tasa de producción promedio provista por la industria local. En una industria madura de procesamiento de turba, los métodos de corte en bloque pueden tener un rendimiento de 1750 toneladas anuales de turba en aire seco por hectárea, mientras que con el método de vacío se pueden extraer hasta 1000 toneladas por hectárea por año (Cleary, 2005). La turba en aire seco contiene entre un 35 y un 55% de humedad (Consejo Mundial de la Energía, 2004).

Niveles 2 y 3

Los países que utilicen Niveles superiores deben obtener datos nacionales de producción de turba y las correspondientes superficies de bonales. En las regiones boreales y templadas, estos datos de superficie deben desagregarse según la fertilidad del suelo a fin de que se correspondan con los factores de emisión apropiados. Las posibles fuentes de estos datos son las estadísticas nacionales de energía, las empresas de extracción de turba, las asociaciones de la industria de la turba, las asociaciones de la industria del paisajismo, y los ministerios gubernamentales responsables del uso de la tierra o de los sondeos geológicos. Si no es posible estratificar por la fertilidad de la turba, los países pueden confiar en el dictamen de expertos. Los climas boreales tienden a promover los «pantanos arbolados» elevados y pobres en nutrientes, mientras que en los climas templados y oceánicos se tiende a promover la formación de bonales ricos en nutrientes. Entre las prioridades para el desarrollo de datos de la actividad específicos del país se incluyen: i) superficies de suelos orgánicos actual y previamente gestionados para la extracción de turba y desagregadas según su nivel de nutrientes, si esto es pertinente; ii) datos sobre la producción de turba; iii) el contenido de humedad local que refleja las condiciones ambientales en el momento de la extracción de la turba; y iv) contenido de carbono específico del país, preferiblemente por tipo de turba.

Las metodologías de estimación más sofisticadas van a requerir la determinación de superficies para cada una de las tres fases del ciclo de extracción de turba, incluyendo las áreas abandonadas en las que el drenaje o los efectos de la anterior extracción de turba están aún presentes y, si se justifica, las superficies caracterizadas por diferentes tecnologías de extracción de la turba, tipos de turba y profundidades de extracción. Si se está procediendo a la restauración del sitio, se alienta a los países a declarar por separado las superficies de suelos orgánicos restaurados y anteriormente gestionados para la extracción de turba, y estimar las emisiones y absorciones de estas tierras. Además, los países con una producción significativa de turba hortícola pueden desarrollar datos para monitorizar el destino fuera del sitio de la turba extraída a fin de desarrollar curvas de descomposición sensibles al tiempo.

7.2.1.2 EMISIONES DE NO-CO₂ DE BONALES QUE PERMANECEN COMO TALES

METANO

Cuando los bonales se drenan como preparación para la extracción de turba, se reduce significativamente la producción de CH₄, pero no se la elimina del todo (Strack *et al.*, 2004), ya que las bacterias metanógenas sólo prosperan en condiciones anaeróbicas. En el Nivel 1, se supone que las emisiones de metano son insignificantes en estos bonales drenados. En niveles superiores, se alienta a los países a que analicen la pauta de las emisiones de CH₄ a partir de depresiones topográficas y acequias de drenaje, las que pueden contribuir con una proporción importante al total de emisiones de gases de efecto invernadero de estos bonales gestionados (Sundh *et al.*, 2000).

ÓXIDO NITROSO

Según la fertilidad del sitio, los depósitos de turba pueden contener cantidades significativas de nitrógeno orgánico en estado inactivo. El drenaje permite que las bacterias conviertan el nitrógeno en nitratos, los que entonces lixivian hacia la superficie donde quedan reducidos a N₂O. En los bonales drenados, la cantidad potencial de N₂O emitido depende del contenido de nitrógeno de la turba. A relaciones C:N de más de 25, las emisiones de N₂O pueden considerarse insignificantes (Klemetsson *et al.*, 2005).

Actualmente, no existen métodos de estimación que permitan la separación de las emisiones de N₂O de la descomposición de la materia orgánica durante el uso fuera del sitio de la turba hortícola. Habitualmente, se agregan fertilizantes nitrogenados a la turba hortícola previo a su uso y es factible que esta fuente domine las pautas de emisión de N₂O. A fin de evitar el cómputo doble del N₂O emitido a partir del uso de fertilizantes, el enfoque por defecto para estimar las emisiones de N₂O de tierras gestionadas para la extracción de turba excluye las emisiones producidas por la descomposición del nitrógeno orgánico contenido en la turba hortícola.

Elección del método

Debe emplearse el árbol de decisiones de la Figura 7.1 para determinar el nivel metodológico apropiado para las emisiones de N₂O.

Nivel 1

El método de Nivel 1 para la estimación de las emisiones de N₂O de humedales drenados es similar al descrito para suelos orgánicos drenados para agricultura o silvicultura, aunque los factores de emisión suelen ser más bajos. En la metodología por defecto sólo se consideran los bonales ricos en nutrientes.

ECUACIÓN 7.7 EMISIONES DE N₂O DE BONALES DURANTE LA EXTRACCIÓN DE TURBA $N_2O_{WW_{turbaExtracción}} = \left(A_{turbaRica} \cdot EF_{N_2O-N_{turbaRica}} \right) \cdot \frac{44}{28} \cdot 10^{-6}$

Donde:

$N_2O_{WW_{turbaExtracción}}$ = emisiones directas de N₂O de bonales gestionados para extracción de turba, Gg N₂O año⁻¹

$A_{turbaRica}$ = superficie de suelos con turba rica en nutrientes gestionados para la extracción de turba, incluyendo áreas abandonadas en las que el drenaje siga estando presente, há

$EF_{N_2O-N_{turbaRica}}$ = factor de emisión para suelos orgánicos de humedales drenados ricos en nutrientes, kg N₂O-N há⁻¹ año⁻¹

Nivel 2

En el Nivel 2, los datos de la actividad se desagregan por otros factores, como el tipo y la fertilidad de la turba, la fase de extracción de la turba, y el tiempo transcurrido desde el inicio de las actividades de drenaje. Los correspondientes factores de emisión son específicos del país y en ellos se han tenido en cuenta las condiciones y las prácticas de la extracción de turba, la profundidad del drenaje, y los cambios en la relación C:N en los diferentes niveles del perfil de la turba.

Nivel 3

Los métodos de Nivel 3 implican una comprensión y una representación exhaustivas de la dinámica de las emisiones y absorciones de N₂O en bonales gestionados, incluyendo el efecto de las características del sitio, el tipo y la profundidad de la turba, la tecnología de extracción, y las fases de la extracción de turba descritas al comienzo de la Sección 7.2. La metodología incluirá todas las fuentes pertinentes de N₂O. Se consideran tanto las emisiones en el sitio como fuera de él y se tendrá en cuenta la tasa de descomposición de la turba bajo las condiciones habituales de extracción y utilización. Los métodos deben ser coherentes con los procedimientos de estimación de las emisiones de CO₂; p. ej., deben usarse las mismas tasas de descomposición fuera del sitio. Si se emplean modelos basados en procesos, se los debe calibrar y validar contra mediciones independientes que sean representativas de las condiciones nacionales.

Elección de los factores de emisión/absorción

Nivel 1

En el Cuadro 7.6 se encuentran los factores de emisión por defecto para el método del Nivel 1.

Niveles 2 y 3

Los países que aplican los métodos del Nivel 2 desarrollan factores de emisión específicos del país, con los que puede ser factible diferenciar las tasas de emisión durante la conversión de la tierra en tierra de turba y las emisiones continuas que se produzcan durante la extracción de la turba. Los Métodos 2 y 3 requieren datos de emisión específicos del país en los que estén consideradas las características del sitio, el tipo y la profundidad de la turba, la tecnología de extracción, las fases de la extracción de turba y otros factores pertinentes. El tipo de turba es especialmente pertinente en cuanto a su descomponibilidad a las consiguientes emisiones de N₂O. En los métodos de Nivel 3, se deben incluir las emisiones provocadas por el uso de turba hortícola fuera del sitio. Actualmente, la bibliografía es escasa y los resultados son a veces contrastantes. Se alienta a los países a que compartan datos comparables cuando las condiciones ambientales y las prácticas de extracción sean similares.

CUADRO 7.6 FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO PARA EMISIONES DE N ₂ O DE BONALES GESTIONADOS			
Zona climática	Factor de emisión EF _{N₂O} (kg N ₂ O-N há ⁻¹ año ⁻¹)	Rango de incertidumbre (kg N ₂ O-N há ⁻¹ año ⁻¹)	Referencia/ Comentarios
Clima boreal y templado			
Suelo orgánico pobre en nutrientes	insignificante	insignificante	Alm <i>et al.</i> , 1999; Laine <i>et al.</i> , 1996; Martikainen <i>et al.</i> , 1995; Minkkinen <i>et al.</i> , 2002; Regina <i>et al.</i> , 1996
Suelo orgánico rico en nutrientes	1,8	0,2 a 2,5	
Clima tropical	3,6	0,2 a 5,0	El valor para las zonas tropicales es el doble del de los climas nórdicos, sobre la base de la diferencia relativa entre el FE de N ₂ O de las zonas templada y tropical del Cuadro 11.1, Capítulo 11.
La mayoría de los datos son de bonales europeos que no están necesariamente en producción. Las zonas climáticas son según lo descrito en el Capítulo 3.			

Elección de los datos de la actividad

Nivel 1

Los mismos datos de la actividad deben utilizarse para estimar las emisiones de CO₂ y N₂O de bonales gestionados. La información sobre cómo obtener estos datos se suministró precedentemente en la Sección 7.2.1. Para los países de las regiones boreales y templadas que empleen el método del Nivel 1, los datos de superficies deben estratificarse según la fertilidad del suelo, dado que se consideran solamente los suelos de turba rica en nutrientes. Si la información disponible no permite estratificar por la fertilidad de la turba, los países pueden confiar en el dictamen de expertos. Los climas boreales tienden a promover «pantanos arbolados» elevados y pantanos pobres en nutrientes, mientras que en los climas templados y oceánicos se tiende a promover la formación de bonales ricos en nutrientes. Por lo general las turbas de baja fertilidad son ácidas (bajo pH). En el Nivel 1, se produce una mayor incertidumbre por el uso de los factores de emisión de CO₂ y N₂O por defecto exclusivos, que se aplican tanto a *Tierras en conversión para extracción de turba* y a *Bonales que permanecen*

como tales, dado que el contenido de nitrógeno y la biodisponibilidad de C y N orgánicos pueden cambiar con la profundidad.

Niveles 2 y 3

Entre las prioridades para el desarrollo de datos de la actividad específicos del país se incluyen las superficies de suelos orgánicos gestionadas para la extracción de turba, desagregadas según el nivel de nutrientes si es pertinente, y los datos de producción anual de turba. Las metodologías de estimación más sofisticadas van a requerir la determinación de superficies para cada una de las tres fases del ciclo de extracción de turba, incluyendo las áreas abandonadas en las que el drenaje o los efectos de la anterior extracción de turba están aún presentes, y, si se justifica, las superficies caracterizadas por diferentes tecnologías de extracción de la turba, tipos de turba y profundidades de extracción. Si se está procediendo a la restauración del sitio, los países deben declarar por separado las superficies de suelos orgánicos restaurados y anteriormente gestionados para la extracción de turba, y estimar las emisiones y absorciones de estas tierras. Además, los países con una producción significativa de turba hortícola pueden desarrollar datos para monitorizar el destino fuera del sitio de la turba extraída a fin de desarrollar curvas de descomposición sensibles al tiempo (véase también la Sección 7.2.1).

7.2.1.3 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Factores de emisión

Tanto para el CO₂ como para el N₂O, las incertidumbres clave en los procedimientos de estimación del Nivel 1 son los factores de emisión por defecto (Cuadros 7.4 y 7.6) y otros parámetros, como el contenido de humedad de la turba en aire seco. Los factores y parámetros de emisión se desarrollaron a partir de sólo unos pocos (menos de 10) puntos de datos, en su mayor parte de regiones templadas y boreales, y pueden no ser representativos para superficies grandes o para ciertas zonas climáticas. La desviación estándar de los factores de emisión supera fácilmente el 100% de la media, pero es factible que las funciones de probabilidad subyacentes sean anormales. La variabilidad de la gravedad específica de la turba y de su capacidad para mantener la humedad constituye un componente significativo de esta incertidumbre. Según las características de la turba, la variabilidad interanual de las precipitaciones puede alterar la velocidad a la que se descompone la materia orgánica en un 25 hasta un 100% (Waddington *et al.*, 2002). La variabilidad en el contenido de humedad y la calidad de la turba constituye un 20% de incertidumbre en cuanto al contenido de carbono de la turba en aire seco. En general, se alienta a los países a que utilicen rangos y no la desviación estándar.

Hay muchos suelos orgánicos que se han drenado y se han convertido a otros usos; p. ej., producción agrícola o forestal. Es frecuente que estos suelos estén en sitios más fértiles y, por ende, los factores de emisión son más altos. Además del drenaje, las actividades de gestión alteran la distribución de la materia orgánica en el perfil del suelo y, por consiguiente, las pautas de emisión de gases de efecto invernadero. Consecuentemente, es de esperar que las pautas de emisión de gases de efecto invernadero de suelos orgánicos difieran según las diferentes prácticas de gestión de la tierra. Cuando se desarrollan factores específicos del país, los países deben utilizar tamaños de muestras y técnicas suficientes para minimizar los errores estándar. Lo ideal sería que se derivaran funciones de densidad de probabilidad (es decir, suministrando estimaciones de medias y de variancia) para todos los parámetros definidos para el país. Como mínimo, los métodos de Nivel 2 deben suministrar rangos de error para cada uno de los parámetros definidos por el país. Estos datos se pueden emplear en análisis avanzados de incertidumbre, como las simulaciones de Monte Carlo.

En el Nivel 3, los factores de emisión y sus funciones de densidad de probabilidad asociadas se utilizan para desarrollar medias e intervalos de confianza para toda la categoría, con procedimientos de avanzada (p. ej., el Monte Carlo). En principio, los modelos basados en procesos van a brindar estimaciones más realistas, pero es necesario que se los calibre y se los valide contra mediciones. Las incertidumbres que surgen del uso de modelos deben cuantificarse con procedimientos similares. Véase el Volumen 1, Capítulo 3 de estas *Directrices* para una orientación sobre cómo desarrollar esos análisis.

Datos de la actividad

Los países que usen datos de la actividad agregados para los bonales gestionados, deben ingresar un factor de incertidumbre del 50% en Europa y América del Norte, pero un factor de 2 en el resto del mundo. La incertidumbre puede ser mayor si las superficies de bonales gestionados se basan en el total de los bonales (gestionados o no), o en los datos de producción, puesto que la producción de turba depende mucho de las buenas condiciones meteorológicas. En los Niveles 2 y 3, la desagregación espacial de las superficies de bonales según parámetros eco-climáticos y/o prácticas de gestión pertinentes, la información sobre el uso final de la turba, y la distinción entre bonales convertidos recientemente y los que se encuentran en producción y bajo restauración van a permitir la creación de procedimientos de estimación más exactos.

7.2.2 Tierras en conversión para la extracción de turba

En un método de Nivel 1, en los datos de la actividad no se distingue entre bonales bajo extracción de turba (*Bonales que permanecen como tales*) y los que están en conversión para extracción de turba (véase el comienzo de la Sección 7.2 para una descripción de las tres fases de la extracción de turba). Los países que emplean este método deben referirse a la Sección 7.2.1 para obtener orientación metodológica. Los países que emplean una metodología de Nivel 2 deberán hacer dicha distinción. En esta sección se suministra orientación específica para los bonales que se están drenando y que están en conversión para extracción de turba.

7.2.2.1 EMISIONES DE CO₂ DE TIERRAS EN CONVERSIÓN PARA LA EXTRACCIÓN DE TURBA

Como se describe en la introducción de la Sección 7.2, el ciclo de extracción de turba incluye tres fases, la primera de las cuales es el desarrollo y la conversión para extracción de turba, caracterizada por un intenso trabajo de drenaje (si la superficie no fue drenada aún con otros propósitos), pero por escasa extracción de turba. Es típico que esta fase de conversión dure entre 2 y 5 años. En contraste con otras conversiones en el uso de la tierra mencionadas en estas *Directrices*, el período de transición por defecto recomendado para *Tierras en conversión para la extracción de turba* es de cinco años.

Las emisiones de gases de efecto invernadero de tierras que están bajo desmonte y drenaje para la extracción de turba difieren significativamente de las emisiones de tierras en las que se está extrayendo turba o que han sido agotadas y abandonadas. Las principales emisiones durante el proceso de conversión se producen por la remoción y destrucción de la biomasa viva del ecosistema de bonales, y de los suelos durante el drenaje. Dado que estas tierras no están aún en producción, no hay extracción de turba y, por lo tanto, tampoco hay emisiones fuera del sitio de la turba extraída.

En la Ecuación 7.8 se representan las principales fuentes de emisión de CO₂-C durante la conversión de tierras para extracción de turba.

ECUACIÓN 7.8 EMISIONES DE CO₂-C EN BONALES BAJO DRENAJE PARA EXTRACCIÓN DE TURBA $CO_2-C_{LW_{turba\_en-el-sitio}} = \left(-\Delta C_{WW_{turbaB}} \right) + \left(-\Delta C_{WW_{turbaDOM}} \right) + CO_2-C_{LW_{turba\_drenaje}}$

Donde:

$CO_2-C_{LW_{turba\_en-el-sitio}}$ = emisiones de CO₂-C de tierras en conversión para extracción de turba, Gg C año⁻¹

$\Delta C_{WW_{turbaB}}$ = emisiones de CO₂-C producidas por cambios en las existencias de carbono en biomasa viva, Gg C año⁻¹

$\Delta C_{WW_{turbaDOM}}$ = emisiones de CO₂-C producidas por cambios en las existencias de carbono en depósitos de materia orgánica muerta, Gg C año⁻¹

$CO_2-C_{LW_{turba\_drenaje}}$ = emisiones de CO₂-C de suelos durante el drenaje, Gg C año⁻¹

ELECCIÓN DEL MÉTODO

Nivel 2

Ninguno de los procedimientos para estimar estas cantidades es único en su categoría, a excepción de las emisiones de suelos durante el drenaje. Si la vegetación en pie previa al desmonte es de Tierras forestales o de Pastizales, los procedimientos para la estimación de emisiones de la biomasa viva de la conversión de Tierras forestales o Pastizales en Tierras de cultivo se analizan en el Capítulo 5, Sección 5.3. Donde se usa el fuego para eliminar vegetación, también se van a producir emisiones de gases no-CO₂; es decir, CH₄ y N₂O. Estas emisiones se pueden estimar siguiendo la orientación provista en el Capítulo 2. El quemado de biomasa y la descomposición de la biomasa y la materia orgánica muerta no quemadas pueden estimarse, si se dispone de factores de emisión específicos del país. Las superficies de tierras bajo drenaje pueden clasificarse según la fertilidad de la turba, el tipo de turba y el uso o la cobertura previos de la tierra. Puede que los países puedan refinar los factores de emisión consecuentemente.

La Ecuación 7.9 contiene el método general para estimar las emisiones del suelo durante el drenaje. Conceptualmente, es igual a la Ecuación 7.6 que se usara para determinar $\text{CO}_2\text{-C}_{\text{WW turba en-el-sitio}}$ para bonales gestionados.

ECUACIÓN 7.9

EMISIONES DE $\text{CO}_2\text{-C}$ DEL SUELO EN BONALES BAJO DRENAJE PARA EXTRACCIÓN DE TURBA

$$\text{CO}_2\text{-C}_{\text{LW drenaje\_turba}} = \frac{\left[\left(A_{\text{turba\_drenada\_rica}} \bullet EF_{\text{CO}_2\text{turba\_drenada\_rica}} \right) + \left(A_{\text{turba\_drenada\_pobre}} \bullet EF_{\text{CO}_2\text{turba\_drenada\_pobre}} \right) \right]}{1000}$$

Donde:

$\text{CO}_2\text{-C}_{\text{LW turba\_drenaje}}$ = emisiones de $\text{CO}_2\text{-C}$ del suelo en tierras en conversión para extracción de turba, Gg C año^{-1}

$A_{\text{turbaRica drenada}}$ = superficie de suelos de turba rica en nutrientes bajo drenaje, há

$A_{\text{turbaPobre drenada}}$ = superficie de suelos de turba pobre en nutrientes bajo drenaje, há

$EF_{\text{CO}_2\text{turbaRica drenada}}$ = factores de emisión de $\text{CO}_2\text{-C}$ de suelos de turba rica en nutrientes bajo drenaje, $\text{ton C há}^{-1} \text{ año}^{-1}$

$EF_{\text{CO}_2\text{turbaPobre drenada}}$ = factores de emisión de $\text{CO}_2\text{-C}$ de suelos de turba pobre en nutrientes bajo drenaje, $\text{ton C há}^{-1} \text{ año}^{-1}$

Nivel 3

Los métodos de Nivel 3 implican la comprensión y representación exhaustivas de la dinámica de las emisiones y absorciones de CO_2 en *Tierras en conversión para extracción de turba*, incluso el efecto del tipo y la fertilidad de la turba, de las características del sitio, «pantanos arbolados» masivos o elevados, y el uso o la cobertura previa de la tierra si es pertinente, lo que se podría combinar con los factores de emisión y/o modelos basados en procesos que resulten apropiados. La metodología incluye el destino del C en todos los depósitos, las transferencias de C entre depósitos por la conversión (p. ej., biomasa a materia orgánica muerta), y la distinción entre emisiones inmediatas y demoradas. Las estimaciones basadas en cambios de existencias deben corregirse con respecto a las pérdidas de carbono debidas a la lixiviación de carbono orgánico disuelto, pérdidas de materia orgánica muerta por escurrimiento, o como emisiones de CH_4 .

ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN/ABSORCIÓN

Nivel 2

Los países que aplican los métodos del Nivel 2 deben desarrollar factores de emisión específicos del país, $EF_{\text{CO}_2\text{turbaRica drenada}}$ y $EF_{\text{CO}_2\text{turbaPobre drenada}}$, para diferenciar las tasas de emisión durante la conversión, de las emisiones que se producen durante la fase de extracción de la turba. Pueden también diferenciarse aun más los factores de emisión por tipo de turba, su fertilidad y profundidad de drenaje, el uso y la cobertura anterior de la tierra, y las zonas climáticas.

Nivel 3

En el Nivel 3, todos los parámetros deben ser específicos del país. La bibliografía es escasa y constituye una *buena práctica* derivar factores de emisión específicos del país y compartir datos entre países con condiciones ambientales similares.

ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Nivel 2

Los datos de la actividad básicos necesarios son la superficie de suelos orgánicos convertida para extracción de turba y desagregada por nivel de nutrientes (o fertilidad). Las posibles fuentes de datos de superficie son las empresas que hacen extracción de turba, las asociaciones de industrias de la turba, y los ministerios de gobiernos

responsables de información sobre la tierra. En el nivel 2, los países también pueden incorporar datos basados en el uso original de la tierra y en el tipo y la fertilidad de la turba de las tierras en conversión. Esta información podría recabarse de las actualizaciones regulares del inventario nacional de bonales.

Nivel 3

En el Nivel 3, se requiere información detallada sobre el uso original de la tierra y sobre el tipo y la fertilidad de la turba de las superficies convertidas para extracción de turba. Se pueden definir requisitos de datos más específicos dependiendo de los procedimientos de estimación.

7.2.2.2 EMISIONES DE NO CO₂ DE TIERRAS EN CONVERSIÓN A BONALES GESTIONADOS

Lo analizados sobre aspectos metodológicos en la Sección 7.2.1.2 «Emisiones de no-CO₂ de *Bonales que permanecen como tales*» es también de aplicación aquí, con la excepción de las emisiones de no-CO₂ por descomposición fuera del sitio de turba hortícola, puesto que no hay extracción de turba durante la fase de conversión y preparación de la tierra. En niveles más altos, ya no se puede suponer que las emisiones de metano sean insignificantes en las tierras bajo drenaje. En la Ecuación 7.7 de la Sección 7.2.1 también se describe el método por defecto para estimar emisiones de N₂O.

7.2.2.3 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Factores de emisión

Véase lo analizado sobre incertidumbres de los factores de emisión en la Sección 7.2.1.3.

La incertidumbre que se le asigna al contenido de carbono de la cobertura vegetal previa a la conversión, según se vea afectada por el uso previo de la tierra, debe incluirse en la evaluación de incertidumbre de las estimaciones de CO₂. Es factible que la distribución de probabilidades de incertidumbre de las emisiones no sea normal, por lo que el intervalo del 95% de la distribución logarítmica normal se supone aquí como incertidumbre por defecto (véanse los Cuadros 7.4 y 7.6). Se recomienda utilizar este rango en lugar de una desviación estándar simétrica.

Datos de la actividad

Los organismos que suministran datos sobre superficie deben contar con información sobre incertidumbres en cuanto a superficie; de lo contrario, se pueden usar datos relacionados con el consejo sobre estimación de superficie del Capítulo 3.

7.3 TIERRAS INUNDADAS

Las Tierras inundadas se definen como masas de agua en las que las actividades humanas han causado cambios en el tamaño de la superficie cubierta por agua, generalmente mediante regulación del nivel del agua. Entre los ejemplos de Tierras inundadas se encuentran los reservorios para la producción de hidroelectricidad, irrigación y navegación. Los lagos y ríos regulados que no sufren cambios sustanciales en la superficie de agua en comparación con el ecosistema pre-inundado no se consideran Tierras inundadas. Algunos arrozales se cultivan mediante inundación de la tierra, pero debido a las características exclusivas del cultivo del arroz, los arrozales se tratan en el Capítulo 5 (Tierras de cultivo) de las *Directrices*.

Las Tierras inundadas pueden emitir CO₂, CH₄ y N₂O en cantidades significativas, según diversas características, tales como la edad, el uso de la tierra previo a la inundación, el clima y las prácticas de gestión. Las emisiones varían espacial y temporalmente.

Aunque hay pruebas, especialmente en las zonas tropicales, de mayores emisiones de CH₄ debidas a inundaciones, hasta ahora, la alta variabilidad temporal y espacial de las emisiones de CH₄ han impedido el desarrollo de factores de emisión por defecto para todas las regiones climáticas. La información de que se dispone respecto a las emisiones de CH₄ se suministra en el Apéndice 3.

Es típico que las emisiones de óxido nítrico de Tierras inundadas sean muy bajas, a menos que haya un ingreso significativo de nitrógeno orgánico o inorgánico de la cuenca. Es factible que esos ingresos sean el resultado de actividades antropogénicas como cambios en el uso de la tierra, tratamiento de aguas residuales o aplicación de fertilizante en la cuenca. A fin de evitar el cómputo doble de las emisiones de N₂O ya capturado en el presupuesto de gases de efecto invernadero de estas fuentes antropogénicas y, vista la muy limitada contribución de las emisiones de N₂O de Tierras inundadas declaradas en la bibliografía, en la sección actual no se consideran estas emisiones.

7.3.1 Tierras inundadas que permanecen como tales

No se suministran metodologías para *Tierras inundadas que permanecen como tales*. Como se explicara anteriormente, se supone que las emisiones de CO₂ y N₂O que se producen en tierras inundadas ya están cubiertas por las metodologías descritas en otros sectores. La metodología por defecto para *Tierras convertidas en tierras inundadas* ofrece orientación para la estimación de emisiones de CO₂ debidas a la inundación. La información disponible sobre emisiones de CH₄ se suministra en el Apéndice 3 aunque, actualmente, no es posible recomendar una metodología por defecto. Los países en los que se intente declarar las emisiones de CH₄ de tierras inundadas deben, dentro de lo posible, desarrollar factores de emisión nacionales. En el Apéndice 2, Recuadro 2a.1, se brinda orientación sobre el desarrollo de esos factores.

7.3.2 Tierras convertidas en tierras inundadas

Por razones ya explicadas, en esta sección sólo se brinda orientación sobre la estimación de emisiones de CO₂ de *Tierras convertidas en tierras inundadas*.

7.3.2.1 EMISIONES DE CO₂ DE TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS INUNDADAS

ELECCIÓN DEL MÉTODO Y DEL FACTOR DE EMISIÓN

El método para estimar los cambios en las existencias de carbono debidos a la conversión de la tierra en tierra permanentemente inundada se muestra en la Ecuación 7.10. Las existencias de carbono de la tierra previas a la conversión pueden estimarse siguiendo el método para biomasa viva descrito para distintas categorías de uso de la tierra en otras secciones de este volumen. Aquí, se supone que las existencias de carbono después de la conversión equivalen a cero.

ECUACIÓN 7.10 CAMBIO ANUAL EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA DE TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS PERMANENTEMENTE INUNDADAS $\Delta C_{LWinund\_LB} = \left[\sum_i A_i \cdot (B_{Despu\acute{e}s_i} - B_{Antes_i}) \right] \cdot CF$ $CO_{2\_LWinund} = \Delta C_{LWinund\_LB} \cdot \frac{-44}{12}$

Donde:

$\Delta C_{LWinund\_LB}$ = cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa en *Tierras convertidas en tierras inundadas*, ton C año⁻¹

A_i = superficie de tierras convertidas anualmente en Tierras inundadas a partir del uso original de la tierra, há año⁻¹

$B_{Despu\acute{e}s_i}$ = biomasa inmediatamente después de la conversión en Tierras inundadas, ton d.m. há⁻¹ (defecto = 0)

B_{Antes_i} = biomasa inmediatamente antes de la conversión en Tierras inundadas, ton d.m. há⁻¹

CF = fracción de carbono de materia seca (por defecto = 0,5), ton C (ton d.m.)⁻¹

$CO_{2\_LWinund}$ = emisiones anuales de CO₂ en *Tierras convertidas en tierras inundadas*, ton CO₂ año⁻¹

Es posible que el carbono remanente en las tierras convertidas previo a la inundación se emita durante varios años después de la inundación.

En estos momentos, no se suministra orientación sobre los cambios en las existencias de carbono debidos a la conversión de tierras en Tierras inundadas.

Por el método de cambios de existencias, se supone que todo el carbono de la biomasa que existía antes de la inundación se emite y esto puede llevar a sobreestimaciones. Se alienta a los países a desarrollar métodos específicos del país y de nivel superior basados en modelos, mediciones y parámetros asociados. En el Apéndice

2, se muestra un método posible. En el Capítulo 2, Sección 2.5, se suministra orientación genérica sobre el desarrollo de métodos específicos del país basados en modelos y mediciones.

Las emisiones de gases no-CO₂ de *Tierras convertidas en tierras inundadas* están cubiertas en el Apéndice 3.

ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Los países pueden obtener sus superficies de tierra inundada a partir de un análisis de la cobertura de una cuenca de drenaje, de una base de datos nacional sobre presas, de la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD, 1998) o del informe de la Comisión Mundial sobre Represas (WCD, 2000).

7.3.2.2 EMISIONES DE NO-CO₂ DE TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS INUNDADAS

La información disponible sobre emisiones de CH₄ en *Tierras convertidas en tierras inundadas* se puede encontrar en el Apéndice 3.

7.3.2.3 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Se debería disponer de información estadística nacional sobre la superficie inundada retenida detrás de las grandes presas (>100 km²), la que, probablemente, va a ser exacta en hasta un 10 por ciento. Donde no se disponga de bases de datos nacionales sobre presas y se emplee otra información, es probable que las superficies de tierras inundadas retenidas detrás de las presas tengan una incertidumbre de más del 50 por ciento, especialmente en países con grandes superficies de tierras inundadas. También puede resultar difícil obtener información detallada sobre la ubicación, el tipo y la función de las presas más pequeñas, aunque puede resultar factible inferir información estadísticamente sobre la base de la distribución de tamaños de reservorios para los cuales hay datos disponibles. Los reservorios se crean por diversas razones que influyen sobre la disponibilidad de datos y, por consiguiente, la incertidumbre respecto a las superficies depende de condiciones específicas del país.

La incertidumbre en las existencias de biomasa se analiza en los Capítulos 4, 5 y 6.

7.4 EXHAUSTIVIDAD, COHERENCIA DE LA SERIE TEMPORAL Y GC/CC

7.4.1 Exhaustividad

Los inventarios completos de gases de efecto invernadero deben incluir estimaciones de emisiones de los dos tipos de humedales gestionados, según lo descrito en las Secciones 7.2 y 7.3 precedentes, a menos que estos tipos de humedales no existan en el territorio nacional.

Como en otras categorías de uso de la tierra, se alienta a los países a que monitoricen el destino de los humedales gestionados y eviten el cómputo doble con tierras de otras categorías. Es una *buena práctica* documentar la extensión de las superficies de los reservorios. En cuanto los bonales se ponen bajo extracción de turba, permanecen como bonales gestionados incluso después de interrumpidas las actividades de extracción de turba y hasta que se los convierta a otro uso. La rehumectación del suelo o el retorno del nivel freático a los niveles pre-drenaje no modifican la condición de bonales. Véase la Sección 7.5 «Desarrollo metodológico futuro» respecto a un análisis adicional sobre bonales restaurados.

Los países que utilizan métodos y datos avanzados deben tener cuidado de no declarar las emisiones de gases de efecto invernadero ya contabilizadas en otros capítulos de AFOLU, o en otros volúmenes de estas directrices. En particular, los humedales pueden recibir efluentes y sedimentos de fuentes no por puntos con altos contenidos de nutrientes; puede que el N orgánico o inorgánico y el C orgánico emitidos desde estos humedales ya se hayan incluido en las metodologías de estimación de Tierras forestales o Tierras de cultivo, o en el Sector Desechos. Cuando hay pruebas de la existencia de dicha fuente no por puntos de carbono o nitrógeno a humedales, es una *buena práctica* asegurarse de que las correspondientes emisiones de gases de efecto invernadero se declaren bajo los sectores y las categorías de inventario apropiadas; se alienta a los países a desarrollar, compilar o utilizar la información disponible a fin de evitar estimaciones sesgadas.

7.4.2 Desarrollo de una serie temporal coherente

Se puede encontrar orientación general sobre la coherencia de la serie temporal en el Volumen 1, Capítulo 5 (Coherencia de la serie temporal). El método de estimación de emisiones debe aplicarse coherentemente a todos los años de la serie temporal, en el mismo nivel que la desagregación espacial. Más aun, cuando se emplean datos específicos del país, el organismo nacional a cargo de los inventarios debe utilizar el mismo protocolo de mediciones (estrategia de muestreo, método, etc.) a lo largo de toda la serie temporal. Si esto no es posible, se deberá seguir la orientación sobre técnicas de interpolación y de recálculo que se encuentran en el Volumen 1, Capítulo 5. Las diferencias en las emisiones entre los distintos años del inventario se deben explicar, p. ej., demostrando los cambios en zonas de bonales o de tierras inundadas, mediante factores de emisión actualizados.

7.4.3 Garantía de calidad y Control de calidad (GC/CC)

Se deben desarrollar y poner en práctica procedimientos de garantía de calidad/control de calidad (GC/CC) según lo delineado en el Volumen 1, Capítulo 6 de este informe. También puede ser aplicable el desarrollo de actividades adicionales de control de calidad y garantía de calidad específicas para la categoría (Volumen 1, Capítulo 6), en particular si se emplean métodos de nivel superior para cuantificar las emisiones de esta categoría de fuente. Donde se empleen factores de emisión específicos del país, deben estar basados en datos experimentales de alta calidad, desarrollados usando un programa de medición riguroso y bien documentados.

Actualmente, no es posible efectuar una verificación cruzada de las estimaciones de emisiones de suelos orgánicos gestionados para la extracción de turba con otros métodos de medición. Sin embargo, el organismo a cargo del inventario debe garantizar que las estimaciones de emisiones se sometan a control de calidad mediante:

- la referencia cruzada de los factores de emisión específicos del país declarados con los valores por defecto, y con los valores publicados en la bibliografía científica o declarados por otros países;
- la verificación de la exactitud de los datos de la actividad con datos de la industria y la producción de turba; y
- la determinación de la credibilidad de las estimaciones contra las de otros países con circunstancias similares.

7.4.4 Generación de informes y documentación

Resulta apropiado documentar y archivar toda la información requerida para producir las estimaciones del inventario de emisiones/absorciones nacionales, como se plantea en el Capítulo 8 del Volumen 1 de estas *Directrices*.

FACTORES DE EMISIÓN

La base científica de los nuevos factores de emisión, parámetros y modelos específicos del país debe describirse y documentarse en su totalidad. Esto incluye definir los parámetros de ingresos y describir el proceso mediante el cual se derivaron los factores de emisión, los parámetros y los modelos, así como describir las fuentes de las incertidumbres.

DATOS DE LA ACTIVIDAD

Se deben registrar las fuentes de todos los datos de la actividad utilizados en los cálculos (fuentes de datos, bases de datos y referencias de mapas de suelos), sumado a las comunicaciones con la industria (sujeto a las posibles consideraciones de confidencialidad). Dicha documentación debe cubrir la frecuencia de recopilación y estimación de datos, las estimaciones de exactitud y precisión, y las razones de todo cambio significativo en los niveles de emisión.

ANÁLISIS DE TENDENCIAS

Se debe explicar toda fluctuación significativa de las emisiones entre años. Debe hacerse una distinción entre los cambios en los niveles de actividad y los cambios en los factores de emisión, parámetros y métodos de año a año, y documentarse las razones de tales cambios. Si se emplean diferentes factores de emisión, parámetros y métodos para los distintos años, deben explicarse y documentarse las razones de estos cambios.

7.5 DESARROLLO METODOLÓGICO FUTURO

Hay otros tipos de humedales gestionados que pueden emitir o secuestrar cantidades significativas de gases de efecto invernadero, en especial los humedales restaurados o construidos. Los humedales restaurados son aquellos que fueron drenados y, quizás, convertidos a otros usos en el pasado, pero que recientemente se han vuelto a poner en funcionamiento como ecosistemas de humedales, al elevar el nivel freático a los niveles previos al

drenaje. En las últimas décadas, mediante programas públicos, de organizaciones sin fines de lucro y de otros tipos en numerosos países, se ha comenzado a restaurar viejos humedales y a construir otros a partir de tierras altas. Uno de los propósitos fundamentales es reducir el escurrimiento de campos agrícolas y de asentamientos, lo que produce eutrofización, la floración de algas y zonas muertas hipóxicas en lagos, estuarios y bahías y mares cerrados. Entre otros beneficios importantes, se incluyen la reducción de daños por inundación, la estabilización de las líneas de costa y de los deltas de los ríos, el retardo de la infiltración de agua salada, la recarga de acuíferos y la mejora del hábitat de la fauna silvestre, de las aves acuáticas y de los peces.

La mayoría de las restauraciones de humedales operativos tuvo lugar a partir de 1990. La bibliografía científica describe programas o proyectos en alrededor de 15 países de América del Norte, Europa, Asia y Australia y Nueva Zelanda, en particular en deltas de ríos. Esta bibliografía sugiere que los ecosistemas de humedales pueden restaurarse, aunque durante lapsos variables y con un parecido variable a los ecosistemas de humedales naturales. Actualmente, no se dispone de una compilación de la superficie total de restauración y construcción de humedales a nivel mundial. En el Informe Especial del IPCC sobre Uso de la tierra, cambios en el uso de la tierra y silvicultura se estima que el máximo de superficies para restauración están en un rango de 30 a 250 Mhá (Watson *et al.*, 2000).

A la fecha de preparación de estas *Directrices*, los estudios publicados y basados en datos de observación son demasiado recientes y limitados como para desarrollar factores de emisión por defecto respecto a cualquiera de los principales gases de efecto invernadero: CO₂, CH₄ o N₂O. Se va a requerir una mayor comprensión de los flujos biogeoquímicos que se producen dentro de las cuencas de drenaje para evitar el cómputo doble de las emisiones debidas a la aplicación de fertilizantes y al tratamiento de desechos. Por ende, la estimación de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero de humedales restaurados o construidos es un área que queda para su desarrollo futuro.

Se supone que se va a producir un incremento en las emisiones de CH₄ a partir de la rehumectación de los suelos orgánicos. Una primera aproximación a las emisiones de CH₄ en suelos orgánicos rehumectados con una cobertura forestal va de 0 a 60 kg CH₄ há⁻¹ año⁻¹ en climas templados y boreales, y de 280 a 1260 kg CH₄ há⁻¹ año⁻¹ en climas tropicales (Bartlett y Harriss, 1993). Sin embargo, en el corto plazo, puede que estas emisiones no vuelvan a los niveles previos al drenaje (Tuittila *et al.*, 2000; Komulainen *et al.*, 1998).

También el efecto de las fuentes de nutrientes por puntos en las tierras inundadas (reservorios) sigue estando escasamente documentado. Los países que utilizan métodos propios y de avanzada deberían implementar verificaciones cruzadas por sectores, lo ideal con balance de masas, para asegurarse de que se contabilice adecuadamente el destino de todo el carbono y el nitrógeno liberado en una cuenca. La falta de datos observacionales de reservorios en Asia es una laguna notable en las muestras de datos que se utilizan para desarrollar factores de emisión de CO₂ para tierras inundadas. Es posible que, en futuras ediciones de estas directrices, se pueda incorporar más información relativa a esta región.

Referencias

SECCIÓN 7.2: BONALES GESTIONADOS O EN CONVERSIÓN PARA LA EXTRACCIÓN DE TURBA

- Alm, J., Saario, S., Nykänen, H., Silvola, J. and Martikainen, P.J. (1999). Winter CO₂, CH₄, and N₂O fluxes on some natural and drained boreal peatlands. *Biogeochemistry* **44**: 163-186.
- Bartlett, K.B. and Harriss, R.C. (1993). Review and assessment of methane emissions from wetlands. *Chemosphere* **26**:261-320.
- Canadian Sphagnum Turba Moss Association (2004). Harvesting Turba in Canada <http://www.turbamoss.com/>
- Cicerone, R.J. and Oremland, R.S. (1988). Biogeochemical aspects of atmospheric methane. *Global Biogeochemical Cycles* **2**: 288-327.
- Cleary, J., Roulet, N.T. and Moore, T.R. (2005). Greenhouse gas emissions from Canadian turba extracción, 1990-2000: A life-cycle analysis. *Ambio* **34**(6):456-461.
- IPCC (2003). Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Penman J., Gytarsky M., Hiraishi T., Krug, T., Kruger D., Pipatti R., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K., Wagner F. (Eds).Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/IGES, Hayama, Japan.
- International Turba Society (2004). Environmental Assessment of Turba Production www.turbasociety.fi
- Joosten, H. (2004). The IMCG Global Turbaland Database. <http://www.imcg.net/gpd/>
- Joosten, H. and Clarke, D. (2002). Wise Use of Mires and Turbalands.Internation Mire Conservation Group and International Turba Society, Saarijarvi, Finland, 304 p.
- Klemetsson, L., Von Arnold, K., Weslien, P. and Gundersen, P. (2005). Soil CN ratio as a scalar parameter to predict nitrous oxide emissions. *Global Change Biology* **11**:1142-1147
- Komulainen, V.-M., Nykänen, H., Martikainen, P.J. and Laine, J. (1998). Short-term effect of restoration on vegetation change and methane emissions from turbalands drained for forestry in Southern Finland. *Can. J. For. Res.* **28**:402-411.
- Komulainen, V-M., Tuittila, E-S., Vasander, H. and Laine, J. (1999). Restoration of drained turbalands in southern Finland : initial effects on vegetation change and CO₂ balance. *J. Appl. Ecol.* **36**:634-648.
- Laine, J. and Minkinen, K. (1996). Effect of forest drenaje on the carbon balance of a mire--a case study. *Scandinavian Journal of Forest Research.* **11**: 307-312.
- Laine, J., Silvola, J., Tolonen, K., Alm, J., Nykänen, H., Vasander, H., Sallantausta, T., Savolainen, I., Sinisalo, J. and Martikainen, P.J. (1996). Effect of water-level drawdown on global climatic warming--northern turbalands. *Ambio.* **25**: 179-184.
- Lappalainen, E. (1996). Global Turba Resources.International Turba Society Saarijarvi, Finland, 368 p.
- LUSTRA (2002). Land-use Strategies for Reducing Net Greenhouse Gas Emissions. Annual Report 2002 Uppsala, Sweden.162 p.
- Martikainen, P.J., Nykänen, H., Alm, J. and Silvola, J. (1995). Change in fluxes of carbon dioxide, methane, and nitrous oxide due to forest drenaje of mire sites of different trophic, . *Plant and Soil* **169**: 571-577.
- Minkinen, K., Korhonen, R., Savolainen, I. and Laine, J. (2002). Carbon balance and radiative forcing of Finnish turbalands 1990-2100 the impact of forestry drenaje. *Global Change Biology* **8**: 785-799.
- Mitsch, W.J. and Gosselink, J.G. (2000). Wetlands.3rd ed, . Wiley, New York, 920 p.
- Moore, T.R. and Knowles, R. (1989). The influence of water table levels on methane and carbon dioxide emissions from turbaland soils. *Canadian Journal of Soil Science* **69** (1): p. 33-38.
- Nilsson, K. and Nilsson, M. (2004). The Climate Impact of Energy Turba Utilisation in Sweden--the Effect of Former Land-Use and After Treatment. IVL Swedish Environmental Research Institute. Report B1606. Stockholm, 91 p.
- Petrone, R.M., Waddington, J.M. and Price, J.S. (2003). Ecosystem-scale flux of CO₂ from a restored vacuum harvested turbaland. *Wetlands Ecology and Management* **11**:419-432.
- Ramsar (1996). The Ramsar Convention definition of "wetland" and classification system for wetland type. Appendix A of Strategic framework and guidelines for the future development of the list of wetlands of

- international Importance of the Convention on Wetlands (Ramsar, Iran, 1971). Available at www.ramsar.org/key_guide_list_e.htm.
- Regina, K., Nykänen, H., Silvola, J. and Martikainen, P.J. (1996). Fluxes of nitrous oxide from boreal turbalands as affected by turbaland type, water table level and nitrification capacity. *Biogeochemistry* **35**: 401-418.
- Sirin, A and Minayeva, T. eds (2001). Turbalands of Russia: towards the analyses of sectoral information GEOS, Moscow, 190 pp. (in Russian).
- Strack, M., Waddington, J.M. and Tuittila, E.-S. (2004). Effect of water table drawdown on northern turbaland methane dynamics: implications for climate change. *Global Biogeochemical Cycles* **18**, GB4003.
- Sundh, I., Nilsson, M., Mikkala, C., Granberg, G. and Svensson, B.H. (2000). Fluxes of methane and carbon dioxide on turba-mining areas in Sweden. *Ambio*. **29**: 499-503.
- US Geological Survey (2004). US Minerals Yearbook. www.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/turba
- Waddington, J.M. and McNeil, P. (2002). Turba oxidation in an abandoned cutover turbaland. *Can.J.Soil Sci.* **82**:279-286.
- Waddington, J.M., Warner, K.D. and Kennedy, G.W. (2002). Cutover turbalands: a persistent source of atmospheric CO₂. *Global Biogeochemical Cycles* **16**(1) 10:1029é2001GB001398
- Waddington, J.M. and Price, J.S. (2000). Effect of turbaland drenaje, harvesting, and restoration on atmospheric water and carbon exchange. *Physical Geography* **21**(5):433-451.
- Watson, R.T., Noble, I.R., Bolin, B., Ravindranath, N.H., Verardo D.J. and Dokken D.J. (Eds.) (2000). Special Report of the IPCC on Land Use, Land-Use Change, and Forestry. Cambridge University Press, UK. pp 375
- World Energy Council (2004). <http://www.worldenergy.org/wec-geis/publications/reports/ser/turba/turba.asp>

SECCIÓN 7.3: TIERRAS INUNDADAS

- Bartlett, K.B. and Harriss, R.C. (1993). Review and assessment of methane emissions from wetlands. *Chemosphere* **26**:261-320.
- International Commission on Large Dams (ICOLD) (1998). World register of Dams 1998. Paris. International Committee on large Dams (Ed.). Metadatabase.
- Komulainen, V-M., Tuittila, E-S., Vasander, H. and Laine, J. (1999). Restoration of drained turbalands in southern Finland : initial effects on vegetation change and CO₂ balance. *J. Appl. Ecol.* **36**:634-648.
- Tuittila, E-S., Komulainen, V-M., Vasander, H., Nykänen, H., Martikainen, P.J. and Laine, J. (2000). Methane dynamics of a restored cut-away turbaland. *Global Change Biology*, **6**: 569
- Watson, R.T., Noble, I.R., Bolin, B., Ravindranath, N.H., Verardo, D.J. and Dokken, D.J. (Eds.) (2000). Special Report of the IPCC on Land Use, Land-Use Change, and Forestry. Cambridge University Press, UK. pp 375
- WCD (2000). Dams and Development a new framework for Decision-Making, The report of the World Commission on Dams, Earthscan Publications Ltd, London and Sterling, VA, 356 p.

CAPÍTULO 8

ASENTAMIENTOS

Autores

Jennifer C. Jenkins (Estados Unidos), Hector Daniel Ginzo (Argentina), Stephen M. Ogle (Estados Unidos), y Louis V. Verchot (ICRAF/Estados Unidos)

Mariko Handa (Japón) y Atsushi Tsunekawa (Japón)

Índice

8	Asentamientos	
8.1	Introducción	5
8.2	Asentamientos Que Permanecen Como Tales.....	6
8.2.1	Biomasa.....	6
8.2.2	Materia Orgánica Muerta	13
8.2.3	Carbono Del Suelo	15
8.3	Tierras Convertidas En Asentamientos.....	19
8.3.1	Biomasa.....	20
8.3.2	Materia Orgánica Muerta	22
8.3.3	Carbono Del Suelo	27
8.4	Exhaustividad, Series Temporales, Gc/Cc Y Generación De Informes	29
8.4.1	Exhaustividad.....	29
8.4.2	Desarrollo De Una Serie Temporal Coherente.....	30
8.4.3	Garantía De Calidad / Control De Calidad Del Inventario.....	30
8.4.4	Generación De Informes Y Documentación	30
8.5	Base Para Su Futuro Desarrollo Metodológico.....	31

Ecuaciones

Ecuación 8.1 Cambios anuales en el carbono de los depósitos de biomasa viva en asentamientos que permanecen como tales	8.7
Ecuación 8.2 Incremento anual de la biomasa sobre la base del total de superficie de cobertura de las copas.....	8.7
Ecuación 8.3 Crecimiento anual de la biomasa sobre la base de la cantidad de plantas leñosas individuales por clases generales.....	8.8

Cuadros

Cuadro 8.1 Tasa de crecimiento por defecto para el Nivel 2a, basadas en superficie de cobertura de copas (CRW) para cobertura de copas en árboles urbanos por región	8.10
Cuadro 8.2 Acumulación anual de carbono promedio por defecto para el Nivel 2b por árbol en árboles urbanos por clases de especies	8.10
Cuadro 8.3 Datos de la actividad por defecto por tipo de vegetación natural potencial (PNV) (Kuchler, 1969) para establecer el porcentaje de cobertura arbórea.....	8.11

Cuadro 8.4 Existencias de carbono en la biomasa por defecto que se eliminan debido a la conversión en asentamientos	8.21

8 ASENTAMIENTOS

8.1 INTRODUCCIÓN

En este Capítulo se proporcionan métodos para estimar los cambios en las existencias de carbono y las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero relacionados con cambios en la biomasa, la materia orgánica muerta (DOM) y el carbono del suelo en tierras clasificadas como asentamientos. Los asentamientos se definen en el Capítulo 3 como toda la tierra desarrollada —es decir, la infraestructura residencial, de transporte, comercial y de producción (comercial, fabricación) de cualquier tamaño— a menos que ya esté incluida en otras categorías del uso de la tierra. La categoría de uso de la tierra Asentamientos incluye suelos, vegetación herbácea perenne como el césped y las plantas de los jardines, los árboles de los asentamientos rurales, los jardines de las haciendas y áreas rurales. Entre los ejemplos de asentamientos se incluyen las tierras existentes a lo largo de las calles, en cancheros residenciales y comerciales (rurales y urbanos), en jardines públicos y privados, en campos de golf y campos de deportes, y en parques, siempre que tales tierras estén funcional o administrativamente ligadas con ciudades, pueblos y otros tipos de asentamientos en particular y que no se las contabilice en otra categoría del uso de la tierra. Véase el Capítulo 3 en cuanto a las directrices para las declaraciones y a la definición de las seis categorías de uso de la tierra.

Aproximadamente el 2% de la superficie terrestre de la Tierra está cubierto por áreas urbanas que le sirven de hogar a más de 3.000 millones de personas. Actualmente, más de la mitad de la población mundial vive en ciudades y se prevé que este número se duplique en un plazo de 50 años (Crane y Kinzig, 2005). En muchas regiones, la tierra clasificada como urbana, en base a la densidad de la población o a los límites de la ciudad, no es más que un subconjunto de la tierra que puede clasificarse como asentamientos aplicando el criterio antes descrito. Estas áreas de asentamientos menos densos pueden extenderse mucho más allá del límite de una ciudad según está definido oficialmente y, en muchas regiones, sus superficies están extendiéndose rápidamente (Elvidge *et al.*, 2004; Gallo *et al.*, 2004; Theobald, 2004). En áreas que son predominantemente rurales, aunque los usos de la tierra no estén cambiando con rapidez, la tierra destinada a usos residenciales puede ocupar una porción significativa del paisaje. Las transiciones de Tierras forestales, Tierras de cultivo y Pastizales a Asentamientos pueden ejercer un impacto importante sobre las existencias y los flujos de carbono (Imhoff *et al.*, 2000; Milesi *et al.*, 2003).

La gestión de la vegetación en los asentamientos puede significar ganancias, pérdidas o transferencias de carbono entre los depósitos en cuestión. Por ejemplo, las ramas que se quitan durante la poda o los recortes del césped (pérdidas de biomasa) pueden dejarse en el lugar (transferencia a hojarasca), pueden eliminarse como desechos sólidos (transferencia a desechos) o pueden quemarse (emisión). Las emisiones de los respectivos gases de efecto invernadero se contabilizan en las secciones correspondiente de la presente orientación. Por ejemplo, el Cuadro 2.3 del Capítulo 2, Volumen 5 (Desechos), incluye residuos de madera y de jardín en las estadísticas a escala nacional que describen el destino de los desechos sólidos municipales a escala nacional. La biomasa que se quita como madera combustible de los árboles de los asentamientos y que se usa como combustible se contabiliza en el Sector Energía. El efecto neto de la conversión o la gestión que conducen a un incremento, por un lado, o a una pérdida (como por quemado y descomposición), por el otro, determina el balance general de C de los asentamientos.

Los suelos y la DOM en los *Asentamientos que permanecen como tales* o en las *Tierras convertidas en asentamientos* pueden ser fuentes o sumideros de CO₂, según el uso anterior de la tierra, del enterramiento o la remoción de la capa superior del suelo durante el desarrollo, de la gestión actual, particularmente respecto a aplicaciones de nutrientes y de agua, y del tipo y la cantidad de cobertura vegetal intercalada entre las calles, los edificios y la respectiva infraestructura (Goldman *et al.*, 1995; Jo, 2002; Pouyat *et al.*, 2002; Qian and Follett, 2002; Kaye *et al.*, 2004; Kaye *et al.*, 2005).

En las *Directrices del IPCC de 1996* estaba cubierta la biomasa aérea de los árboles en los asentamientos rurales, pero no las demás categorías ni depósitos de los asentamientos.

Las *Directrices del IPCC de 2006* difieren de las incluidas en la *GPG-LULUCF* en lo siguiente:

- Las metodologías de análisis y de detalle se pasaron del Apéndice al texto principal y se consideraron parte del sector de fuentes de emisión o absorción de gases de efecto invernadero;
- Se han ampliado el análisis y las metodologías para incluir los cinco depósitos de biomasa descritos en el Capítulo 1;
- Se presentan las metodologías por defecto del Nivel 1;

- Desde la *GPG-LULUCF*, se ha publicado información adicional apropiada para los Niveles 2 y 3, y se la incluye aquí; y
- Se incluye un análisis más amplio sobre el desarrollo y la aplicación de metodologías y valores de Niveles 2 y 3 específicos del país, incluidos métodos para trabajar con datos de la actividad más detallados.

Los depósitos de carbono estimados para Asentamientos son la biomasa aérea y subterránea, la DOM y los suelos. En las Secciones 8.2 y 8.3, respectivamente, se describen las metodologías para estimar los cambios en las existencias de carbono de los *Asentamientos que permanecen como tales* y para estimar las existencias de carbono en *Tierras convertidas en asentamientos*. La metodología de la segunda sección es muy aplicable a las *Tierras convertidas en asentamientos* de cualquier otro tipo de tierras.

8.2 ASENTAMIENTOS QUE PERMANECEN COMO TALES

Esta categoría se refiere a todas las clases de formaciones urbanas que se han estado usando como asentamientos (p. ej., áreas que están funcional o administrativamente relacionadas con tierras públicas o privadas en ciudades, pueblos u otros tipos de asentamientos), desde la última vez en que se recabaron datos. Las emisiones y absorciones de CO₂ de esta categoría se estiman por medio de las subcategorías de cambios en las existencias de carbono de la biomasa (tanto componentes leñosos como perennes no leñosos), en la DOM y en los suelos, como se resume en la Ecuación 2.3 del Capítulo 2.

El depósito de biomasa en los asentamientos tiene componentes leñosos y herbáceos. En cuanto a la biomasa leñosa, los cambios en las existencias de carbono se calculan como la diferencia entre el incremento y la pérdida de biomasa debido a las actividades de gestión. Respecto a la biomasa herbácea (como el césped o las plantas de los jardines) en *Asentamientos que permanecen como tales*, habitualmente, se supone que los cambios en las existencias de carbono equivalen a cero.

El depósito de DOM en los asentamientos contiene madera muerta y hojarasca procedentes de componentes leñosos y herbáceos. En cuanto a la vegetación leñosa, los cambios en este depósito pueden cuantificarse como la producción de hojarasca gruesa y fina procedente de plantas leñosas. Respecto a la vegetación herbácea, la producción anual de DOM se estima como la acumulación de paja más la producción de material herbáceo como residuos y recortes de jardines. Las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con el Sector Desechos se estiman en el Volumen 5 (Desechos) y, por lo tanto, los métodos descritos en este Capítulo se refieren solamente a aquellos componentes de la producción anual que, razonablemente, es de esperar que permanezcan en el sitio.

Los depósitos de C de los suelos varían con el tiempo, según el balance entre las entradas de C de la hojarasca vegetal y de otras formas de materia orgánica, y de las salidas de C resultantes de la descomposición, la erosión y la lixiviación. Estimar el impacto de la gestión del asentamiento sobre el depósito de C en el suelo va a resultar de particular importancia en países con una gran porción de tierra en ciudades y pueblos, o con altas tasas de expansión de los asentamientos. En cuanto a los suelos minerales, el impacto del uso y la gestión de la tierra en asentamientos sobre las existencias de C puede estimarse sobre la base de las diferencias en depósito entre las clases de cobertura del asentamiento respecto a una condición de referencia, como las tierras nativas. Aunque es menos habitual que los suelos orgánicos se utilicen para asentamientos, estos suelos emiten C si se los drena para su desarrollo debido a una acentuada descomposición, similar al efecto del drenaje con propósitos agrícolas (Armentano, 1986). Además, es posible que se coseche turba de los suelos orgánicos durante el desarrollo de un asentamiento, lo que también genera emisiones a la atmósfera.

8.2.1 Biomasa

8.2.1.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

Para el cálculo de los cambios en las existencias de carbono en la biomasa en *Asentamientos que permanecen como tales* se sigue el método de la Ecuación 2.7 del Capítulo 2. Por este método, se estiman los cambios en las existencias de carbono en la biomasa, contabilizando las ganancias en las existencias de carbono en la biomasa resultantes del crecimiento menos las pérdidas en existencias de carbono producidas por la poda y la mortalidad. Según las magnitudes relativas de los términos de incremento y pérdida, los cambios anuales promedio de las existencias de carbono en biomasa de los asentamientos pueden ser positivos o negativos.

Los cambios de la biomasa en *Asentamientos que permanecen como tales* equivalen a la suma de los cambios ocurridos en la biomasa de los tres componentes: árboles, arbustos y herbáceas perennes (p. ej.; césped y plantas de jardín), como se muestra en la Ecuación 8.1.

ECUACIÓN 8.1
CAMBIOS ANUALES EN EL CARBONO DE LOS DEPÓSITOS DE BIOMASA VIVA EN ASENTAMIENTOS QUE PERMANECEN COMO TALES

$$\Delta C_B = \Delta C_{\text{Árboles}} + \Delta C_{\text{Arbustos}} + \Delta C_{\text{Hierbas}}$$

Donde:

ΔC_B = acumulación anual de carbono atribuida al incremento de biomasa en *Asentamientos que permanecen como tales*, ton C año⁻¹

$\Delta C_{\text{Árboles}}$ = acumulación anual de carbono atribuida al incremento de biomasa en árboles en *Asentamientos que permanecen como tales*, ton C año⁻¹

$\Delta C_{\text{Arbustos}}$ = acumulación anual de carbono atribuida al incremento de biomasa en arbustos en *Asentamientos que permanecen como tales*, ton C año⁻¹

$\Delta C_{\text{Hierbas}}$ = acumulación anual de carbono atribuida al incremento de la biomasa herbácea en *Asentamientos que permanecen como tales*, ton C año⁻¹

Según la disponibilidad de los respectivos datos de la actividad y de factores de emisión apropiados, se podrá usar cualquiera de los niveles metodológicos que se describen a continuación. En la Figura 2.2 del Capítulo 2 también se brinda orientación para la identificación del nivel apropiado para estimar cambios en el carbono de la biomasa.

Nivel 1

En el Nivel 1 se supone que no hay cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva en *Asentamientos que permanecen como tales*; en otras palabras, que los términos de crecimiento y pérdida se equilibran. Si se determina que la categoría *Asentamientos que permanecen como tales* es una categoría principal, entonces el país debe recabar los datos de la actividad que corresponda y/o desarrollar factores de emisión adecuados para la región y adoptar los Niveles 2 o 3.

Nivel 2

Hay dos opciones para la estimación de Nivel 2 de los cambios en la biomasa de *Asentamientos que permanecen como tales*. En el Nivel 2a, se emplean los cambios en las existencias de carbono por unidad de la superficie de cobertura de las copas vegetales como factor de remoción y, en el Nivel 2b, se emplean los cambios en las existencias de carbono por cantidad de plantas como factor de remoción. La elección del método depende de la disponibilidad de datos de la actividad. Tanto el Nivel 2a como el Nivel 2b ofrecen métodos para estimar ΔC_G en la Ecuación 2.7 (Método de ganancias y pérdidas). Es apropiado para países que no cuentan con un inventario continuo de *Asentamientos que permanecen como tales*.

Los principales tipos de perennes son árboles, arbustos y herbáceas (como el césped y las plantas de jardín). Los métodos que aquí se presentan fijan el cambio en la biomasa de las herbáceas anuales en cero para *Asentamientos que permanecen como tales* sobre la base de que el crecimiento de la biomasa en las herbáceas (sean de vegetación perenne o anual) es equivalente a la pérdida por cosecha o mortalidad. Los países pueden optar por definir los tipos de árboles y de leñosas perennes según resulte apropiado y cada tipo se puede subdividir en clases definidas según las especies, la zona climática, la estacionalidad u otros criterios que resulten apropiados y si se dispone de datos.

Nivel 2a: Método para determinar la superficie de cobertura de las copas

Este método se representa con la Ecuación 8.2 y debe utilizarse cuando se disponga de datos sobre la superficie total de cobertura de las copas en tipos perennes (j) y otras clases (i) de los *Asentamientos que permanecen como tales*.

ECUACIÓN 8.2
INCREMENTO ANUAL DE LA BIOMASA SOBRE LA BASE DEL TOTAL DE SUPERFICIE DE COBERTURA DE LAS COPAS

$$\Delta C_G = \sum_{i,j} AT_{i,j} \bullet CRW_{i,j}$$

Donde:

ΔC_G = acumulación anual de carbono atribuida al incremento de biomasa en *Asentamientos que permanecen como tales*, ton C año⁻¹

AT_{ij} = total de superficie de cobertura de las copas de la clase i en el tipo j de leñosas perennes¹, há

CRW_{ij} = tasa de crecimiento, basada en la superficie de cobertura de copas, de la clase i en el tipo j de leñosas perennes, ton C (há de cobertura de copas)⁻¹ año⁻¹

Nivel 2b: Método de crecimiento de plantas individuales²

El método está representado por la Ecuación 8.3 y debe utilizarse donde se disponga de datos sobre la cantidad de plantas leñosas por clases de especies en general en *Asentamientos que permanecen como tales*. Cuando se realizan estimaciones para árboles, es posible convertir entre los métodos empleados en los Niveles 2a y 2b suponiendo que un árbol en particular en una zona urbana cubre aproximadamente 50 m² de superficie de copa en su madurez (cf. Akbari, 2002).

ECUACIÓN 8.3 CRECIMIENTO ANUAL DE LA BIOMASA SOBRE LA BASE DE LA CANTIDAD DE PLANTAS LEÑOSAS INDIVIDUALES POR CLASES GENERALES

$$\Delta C_G = \sum_{i,j} NT_{i,j} \cdot C_{i,j}$$

Donde:

ΔC_G = acumulación anual de carbono atribuida al incremento de biomasa viva en *Asentamientos que permanecen como tales*, ton C año⁻¹

NT_{ij} = cantidad de ejemplares individuales de la clase i del tipo perenne j

C_{ij} = promedio anual de acumulación de carbono por la clase i del tipo perenne j , ton C año⁻¹ por ejemplar

Nivel 3

Los métodos del Nivel 3 se pueden basar en los del Nivel 2 citados precedentemente (Ecuaciones 8.2 y 8.3) con mediciones más detalladas de parámetros a nivel desagregado para diferentes sistemas de asentamientos, tales como parques, zonas residenciales rurales o urbanas, avenidas, etc., o en el método de diferencia de existencias sobre la base de la Ecuación 2.8. Los cambios en las existencias de carbono se estiman en dos momentos diferentes, en los que los cambios dan cuenta de las ganancias y las pérdidas de carbono de la biomasa. El enfoque genérico de este método requiere el uso de factores de expansión de la biomasa específicos para bosques (BEF) que no son aplicables a los asentamientos. Los países que deseen utilizar el método de diferencia de existencias para estimar los cambios de la biomasa en *Asentamientos que permanecen como tales* deben considerar la posibilidad de emplear métodos alométricos, como lo basados en el diámetro de cada árbol en particular a la altura del tórax (dbh, del inglés *diameter at breast height*) (Jenkins *et al.*, 2004), ajustado para árboles crecidos en espacios abiertos como se describiera antes, y no a BEF específicos para bosques, para estimar la biomasa de los árboles.

8.2.1.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN/ABSORCIÓN

Existen pocas ecuaciones alométricas referidas a la biomasa específicamente para árboles y arbustos en ambientes urbanos (Nowak, 1996; Jo, 2002), por lo que los investigadores tendieron a aplicar ecuaciones derivadas de árboles de bosques, y ajustaron los valores de biomasa resultantes con un coeficiente (como 0,8 [Nowak, 1994; Nowak y Crane, 2002]) destinado a considerar la alometría de los árboles crecidos en espacios abiertos en ciudades, donde la biomasa aérea para un diámetro dado suele ser menor que en los árboles crecidos en bosques (Nowak, 1996). Existen ecuaciones alométricas para algunas especies de arbustos, pero no se las ha aplicado de forma rutinaria a los ambientes urbanos (Smith and Brand, 1983; Nowak *et al.*, 2002 para estimaciones de biomasa en hojas de arbustos). La biomasa subterránea de los árboles puede derivarse de la biomasa aérea multiplicando esta última por una relación tallo: raíz, como lo describieran Cairns *et al.* (1997) y como lo aplicaran para ambientes urbanos Nowak *et al.* (2002). véase el Capítulo 4 (Tierras forestales) en cuanto a ejemplos de relaciones raíz: tallo (R) (también llamadas relaciones biomasa subterránea / biomasa

¹ Cuando se hace referencia a perennes leñosas se incluyen árboles a menos que se especifique lo contrario.

² Cuando se hace referencia a plantas se incluyen árboles a menos que se especifique lo contrario.

aérea) que se usan habitualmente en ambientes forestales. Se puede suponer que las relaciones apropiadas a la región se aplican sin modificación alguna a los asentamientos.

El crecimiento y la mortalidad de los árboles en los asentamientos pueden verse afectados por condiciones urbanas, tales como variaciones en la calidad del aire local, deposiciones atmosféricas, concentraciones mejoradas de CO₂ en la atmósfera, y un reducido intercambio de aire en la zona de la raíz debido a superficies de pavimentación impermeables (p. ej., Pouyat *et al.*, 1995; Idso *et al.*, 1998; Idso *et al.*, 2001; Gregg *et al.*, 2003; Pouyat and Carreiro, 2003). Por lo tanto, en la medida de lo posible, los valores y las ecuaciones utilizados para predecir el crecimiento de los árboles en asentamientos a niveles superiores deben incluir un margen para tener en cuenta al ambiente del lugar y la condición de los árboles.

El carbono depositado en los componentes leñosos de los árboles constituye el mayor compartimiento de existencias de biomasa en pie y de incremento anual de biomasa en los asentamientos. Los datos siguen siendo escasos, pero su disponibilidad va en aumento. Por ejemplo, Nowak y Crane (2002) estimaron, abarcando toda una ciudad, que el almacenamiento anual neto de carbono por parte de los árboles en ciudades de los estados colindantes de los EEUU osciló entre 600 y 32 200 toneladas C año⁻¹. Jo (2002) halló que la cantidad de C secuestrada anualmente en tres ciudades coreanas varió entre 2 900 y 40 300 toneladas. En Australia, Brack (2002) estimó que el C secuestrado por árboles en Canberra entre 2008 y 2012 sería de 6 000 toneladas de C año⁻¹. Está claro que las estimaciones dependen de la definición y, por ende, de la extensión de las superficies de asentamientos que se consideren.

La variación es menor por unidad de superficie de terreno; para diez ciudades de los Estados Unidos, las mediciones de C almacenado en biomasa leñosa oscilaron entre 150 y 940 kg C há⁻¹ año⁻¹ (Nowak y Crane, 2002) y, para tres ciudades coreanas, el C almacenado anualmente en biomasa leñosa varió entre 530 y 800 kg C há⁻¹ año⁻¹ (Jo, 2002). Los árboles de los canteros urbanos de Colorado (EEUU) almacenaron 1 590 kg C há⁻¹ año⁻¹ (Kaye *et al.*, 2005). La variación es aun menor en las estimaciones de almacenamiento anual de C por unidad de cobertura de copas arbóreas. Nowak y Crane (2002) descubrieron que las tasas de secuestro anual oscilaban entre 0,12 y 0,26 kg C m⁻² de cobertura de copas año⁻¹, mientras que Brack (2002) utilizó un modelo para estimar que el secuestro anual en Canberra entre 2008 y 2012 sería de 0,27 kg C m⁻² año⁻¹.

Nivel 1

En este método se supone, quizá conservadoramente, que los cambios en las existencias de carbono de la biomasa debidos al crecimiento de ésta se compensan totalmente con las reducciones en las existencias de carbono debidas a remociones (es decir, por cosecha, poda, recorte) de biomasa tanto viva como muerta (p. ej., madera combustible, ramas rotas, etc.). Por lo tanto, en un método del Nivel 1, $\Delta C_G = \Delta C_L$ y, para todos los componentes vegetales, y $\Delta C_B = 0$ en la Ecuación 2.7.

Nivel 2

Árboles

El Nivel 2 requiere valores de parámetros para CRW_{ij} (Ecuación 8.2) y C_{ij} (Ecuación 8.3). Habitualmente, un factor de remoción por defecto para la biomasa arbórea (CRW) de 2,9 ton C (há de cobertura de copas)⁻¹ año⁻¹ resulta apropiado para el Nivel 2a (véase el Cuadro 8.1). Esta estimación se basa en una muestra de diez ciudades de los EEUU, con valores que oscilaban entre 1,8 y 3,4 ton C (há de cobertura de copas)⁻¹ año⁻¹ (Nowak y Crane, 2002). También se pueden desarrollar valores adecuados a las circunstancias nacionales. Usando el Nivel 2b, el factor de remoción es C_{ij}. En el Cuadro 8.2 se suministran tasas de acumulación de carbono por defecto para clases de especies arbóreas a utilizar en el Nivel 2b. Estas estimaciones están basadas en distintas ecuaciones alométricas y en datos de campo limitados de zonas urbanas de los EEUU y son promedios para árboles de todos los tamaños (no sólo para árboles maduros). En los métodos de los Niveles 2a y 2b se suministran estimaciones de biomasa para el total combinado de biomasa leñosa subterránea y aérea. Si resulta necesario, la biomasa subterránea se puede estimar por separado empleando la relación raíz: tallo de 0,26 (Nowak *et al.*, 2002).

Para los Niveles 2a y 2b, se supone que ΔC_L , donde la edad promedio de la población arbórea es menor o igual a 20 años, equivale a cero. Esto se basa en la hipótesis de que los árboles urbanos son sumideros netos para el carbono cuando están en su periodo de crecimiento activo (AGP, del inglés *active growth period*) y que éste es de aproximadamente 20 años, según las especies de árboles, la densidad de la plantación y su ubicación. A partir de allí, el método supone que la acumulación de carbono en la biomasa se hace más lenta con la edad y que, por ende, para árboles que hayan superado el AGP, se supone que los incrementos de carbono de la biomasa se ven compensados por las pérdidas resultantes de la poda y de la mortalidad. Para árboles que hayan superado el AGP, esto se tiene en cuenta, conservadoramente, considerando que $\Delta C_{G_{madera}} = \Delta C_{L_{madera}}$. Los países pueden definir el AGP según sus circunstancias.

Otros tipos de perennes leñosos

Para los distintos tipos de perennes, los países pueden desarrollar sus propios valores de CRW_{ij} (en la Ecuación 8.2) y C_{ij} (en la Ecuación 8.3). También se puede suponer, conservadoramente, que no hay cambios en ninguno de estos componentes (es decir que $CRW_{ij} = 0$ y $C_{ij} = 0$).

Tanto en el Nivel 2a como en el 2b se supone que no hay cambios en la biomasa herbácea. Empleando este método, $\Delta C_{G_{Hierbas}} = \Delta C_{L_{Hierbas}}$ y ΔC_B se basa en la diferencia entre el incremento y las pérdidas sólo de biomasa leñosa..

Nivel 3

Para el Nivel 3, los países deberán desarrollar factores de incremento de biomasa específicos para los distintos tipo de vegetales y apropiados a las circunstancias nacionales. Los parámetros y las ecuaciones de crecimiento específicos de un país deben basarse en las zonas climáticas dominantes y en la particular composición en especies de las principales zonas de asentamientos del país, antes de realizar estimaciones para asentamientos menos extensos. Si los parámetros de incremento de biomasa específicos de un país se desarrollan a partir de estimaciones de biomasa basadas en materia seca, requieren conversiones a unidades de carbono utilizando una fracción de carbono por defecto (CF) de 0,5 ton C (ton d.m.)⁻¹ o una fracción de carbono que resulte más apropiada a las circunstancias.

A niveles más altos, deben evaluarse y modificarse las hipótesis para ΔC_L para ajustarlas mejor a las circunstancias nacionales. Por ejemplo, los países pueden contar con información sobre pérdidas de carbono dependientes de la edad y/o específicas por especie de los árboles de los asentamientos. En este caso, los países deben desarrollar un término de pérdida y documentar los recursos y la justificación lógica empleados en su desarrollo.

Si un país adopta el método de diferencia de existencias (Ecuación 2.8), debe contar con muestreos representativos y con un sistema de mediciones periódicas para estimar los cambios en las existencias de C de la biomasa.

CUADRO 8.1 TASA DE CRECIMIENTO POR DEFECTO PARA EL NIVEL 2A, BASADAS EN SUPERFICIE DE COBERTURA DE COPAS (CRW) PARA COBERTURA DE COPAS EN ÁRBOLES URBANOS POR REGIÓN	
Región	Acumulación anual de carbono por defecto por há de cobertura de copas [ton C (há cobertura de copa)⁻¹ año⁻¹]
Estados Unidos (valor por defecto global)	2,9 ^a
Australia	3,6 ^b
^a Nowak y Crane 2002; promedio de 10 ciudades de los Estados Unidos. ^b Brack 2002; análisis de modelización en Canberra.	

CUADRO 8.2 ACUMULACIÓN ANUAL DE CARBONO PROMEDIO POR DEFECTO PARA EL NIVEL 2B POR ÁRBOL EN ÁRBOLES URBANOS POR CLASES DE ESPECIES	
Clases de especies en general	Acumulación anual de carbono por defecto por árbol (ton C año⁻¹)
Álamo	0,0096
Arce blando	0,0118
Mezcla de maderas duras	0,0100
Arce de madera dura	0,0142
Enebro	0,0033
Cedro/alerce	0,0072
Abeto de Douglas	0,0122
Abeto blanco/Cicuta	0,0104
Pino	0,0087
Picea	0,0092
Fuente: D. Nowak (2002; comunicación personal)	

8.2.1.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Nivel 1

No se requieren datos de la actividad.

Nivel 2

Los datos de actividad requeridos para aplicar el método de Nivel 2 son AT_{ij} , la superficie de cobertura de copas para cada clase dentro de un tipo de perennes (Ecuación 8.2) o NT_{ij} , la cantidad de ejemplares individuales en cada clase en un tipo de perennes (Ecuación 8.3). La cobertura de copas se define como el porcentaje del suelo cubierto por una proyección vertical del perímetro exterior del alcance natural del follaje. Para el Nivel 2a, los datos de superficie de la cobertura de copas (AT_{ij}) pueden obtenerse a partir de fotografías aéreas de áreas urbanas, siempre que se disponga de la opinión de expertos en fotointerpretación, de muestreos por imágenes y de mediciones de superficie (Nowak *et al.*, 1996). Los valores en porcentajes de cobertura de copas deben convertirse en superficie total de cobertura de copas para su empleo en la Ecuación 8.2 multiplicando la cobertura de copas porcentual por la superficie total de los ejemplares (árboles o arbustos) dentro del perímetro exterior máximo.

Si no se dispone de datos para determinar la cobertura de copas porcentual, entonces se pueden usar datos de la actividad por defecto. Este enfoque implica aprovechar la ventaja de que se observó que los asentamientos que se encuentran en diferentes biomas, según lo definido por la diferente vegetación natural potencial o PNV (Kuchler, 1969), tienen valores similares en cuanto a cobertura porcentual de los árboles, total de espacios verdes, y espacio verde forestal (Nowak *et al.*, 1996) (Cuadro 8.3). Los asentamientos que se encuentran en regiones donde la PNV es forestal, por ejemplo, tienen valores porcentuales de cobertura arbórea sustancialmente más altos que aquellos donde la PNV es desértico (Cuadro 8.3). En el Cuadro 8.3, el porcentaje total de espacio verde se refiere a la proporción de la superficie del terreno cubierta por vegetación o suelo (es decir, no superficies impermeables ni agua), mientras que el espacio verde forestal es la proporción de ese espacio verde cubierta de vegetación arbórea (calculada como porcentaje de cobertura arbórea/porcentaje total de espacio verde). Los datos por defecto de cobertura porcentual de copas deben multiplicarse por la superficie del asentamiento y usarse con las tasas de crecimiento por defecto del Cuadro 8.1, en una versión simplificada de la Ecuación 8.2, para estimar la acumulación anual de carbono en el tipo de árboles perennes. Los datos referidos al porcentaje total de espacio verde y de espacio verde arbóreo del Cuadro 8.3 no son necesarios en un método de Nivel 2 para estimar las existencias de carbono en biomasa, pero pueden resultar útiles para realizar la referencia cruzada.

En cuanto al Nivel 2b, se pueden obtener registros de poblaciones vegetales, desagregados por especies o por clases generales de especies, de los organismos municipales que se ocupan de la vegetación urbana o mediante métodos de muestreo.

Nivel 3

En el Nivel 3, el tipo de datos de la actividad a recabar depende de los enfoques metodológicos que se utilicen. Si se emplea el método de diferencia de existencias, resulta necesario desagregar y estimar las superficies bajo diferentes tipos de vegetación (parques, asentamientos rurales o urbanos, avenidas, campos de juego, etc.) empleando técnicas de detección a distancia en diferentes climas o indicadores de desarrollo económico. Cuanto más alto sea el nivel a usar, más desagregados serán los datos de la actividad y más precisos los métodos de estimación. Para esto, se pueden utilizar los métodos de muestreo descritos en el Capítulo 3, Anexo 3A.3.

CUADRO 8.3 DATOS DE LA ACTIVIDAD POR DEFECTO POR TIPO DE VEGETACIÓN NATURAL POTENCIAL (PNV) (KUCHLER, 1969) PARA ESTABLECER EL PORCENTAJE DE COBERTURA ARBÓREA			
Vegetación natural potencial (PNV)	Porcentaje de cobertura arbórea (± E.E.)	Porcentaje total de espacio verde (± E.E.)	Porcentaje de espacio verde arbóreo (± E.E.)
Bosque	31,1 (± 2,6)	58,4 (± 2,9)	50,9 (± 3,3)
Pastizales	18,9 (± 1,5)	54,8 (± 2,1)	32,9 (± 2,3)
Desierto	9,9 (± 2,4)	64,8 (± 4,2)	16,9 (± 4,6)
Fuente: Nowak <i>et al.</i> (1996)			

RESUMEN PASO A PASO DEL MÉTODO PARA ESTIMAR CAMBIOS EN LAS EXISTENCIAS DE BIOMASA

Nivel 1

En la metodología del Nivel 1 se supone que no hay cambios en las existencias de biomasa de los *Asentamientos que permanecen como tales*.

Nivel 2

Método A: Método para determinar la superficie de cobertura de las copas

Paso 1: Definir la superficie total de cobertura de copas para cada tipo de perennes leñosos del asentamiento. Si no se dispone de datos para todos los tipos, el método puede aplicarse sólo a los árboles, fijando la superficie de los demás tipos de perennes en cero. Se pueden aplicar los datos de la actividad por defecto en cuanto a cobertura de árboles usando el Cuadro 8.3. Para estimar el total de la cobertura de copas arbóreas en un asentamiento ubicado en una región donde la PNV es de pastizales, por ejemplo, multiplicar la superficie total del asentamiento por 18,9%, porcentaje promedio de cobertura arbórea para asentamientos ubicados en zonas donde la PNV es de pastizales, según el Cuadro 8.3. La superficie total de cobertura de copas de toda la vegetación (incluyendo árboles) se calcula como (total de superficie de espacio verde = porcentaje de espacio verde x superficie del asentamiento) y la cobertura de copas agregada de los demás tipos de vegetación perenne es la diferencia entre la superficie total de espacio verde y la superficie cubierta de copas arbóreas.

Paso 2: Calcular ΔC_G para cada tipo de perennes, aplicando la Ecuación 8.2. Se debe usar la superficie de cobertura de copas arbóreas obtenida en el Paso 1 para los tipos perennes arbóreos. Los países pueden aplicar un valor por defecto de CRW para árboles del Cuadro 8.1; deben desarrollar y aplicar sus propios valores para CRW_{ij} . Sólo se dispone de valores por defecto para CRW en cuanto al componente arbóreo de la vegetación. Si no existen valores de CRW para otros tipos de perennes y no se los puede desarrollar, o si los datos de la actividad para estos tipos no existen, estos parámetros pueden fijarse en cero y estimarse solamente el componente arbóreo del crecimiento de la biomasa.

Paso 3: Calcular ΔC_L para componentes vegetales, a usarse en la Ecuación 2.7 del Capítulo 2. Para los componentes arbóreos de la vegetación, es una *buena práctica* fijar el valor como equivalente a cero cuando la edad promedio de la población arbórea sea menor o igual que el período de crecimiento activo (AGP; véase la Sección 8.2.1.2). Si la edad promedio de los árboles es mayor que el AGP, entonces se supone que $\Delta C_G = \Delta C_L$ o se utilizarán datos específicos de la situación. A falta de datos que indiquen lo contrario, suponer que $\Delta C_G = \Delta C_L$ para arbustos y plantas herbáceas.

Paso 4: Usar los valores obtenidos para ΔC_G y ΔC_L en la Ecuación 2.7 del Capítulo 2 para cuantificar el cambio total en carbono de la biomasa en *Asentamientos que permanecen como tales*.

Método B: Método para crecimiento de plantas individuales

Paso 1: Estimar la cantidad de ejemplares de los *Asentamientos que permanecen como tales* para cada tipo de perennes (p. ej., árboles, arbustos y plantas herbáceas). Si no se dispone de datos para todos los tipos de perennes, el método de mínimo es utilizar sólo los datos de los árboles, fijar la cantidad de ejemplares de los demás tipos de perennes en cero. No hay datos de la actividad por defecto para este método.

Paso 2: Empleando la Ecuación 8.3, multiplicar cada estimación por la tasa apropiada de incremento de carbono por planta (C_{ij}) para obtener la cantidad de carbono secuestrado por año. Los valores por defecto de C_{ij} se pueden encontrar en el Cuadro 8.2; no hay valores por defecto para especies de arbustos o herbáceas. Los países pueden optar por aplicar sus propios valores, si lo consideran apropiado, o por fijar los valores faltantes en cero y producir estimaciones solamente para árboles.

Paso 3: Como en la Ecuación 8.2, sumar la cantidad de carbono secuestrada, ΔC_G , por cada tipo de perenne de todas las clases presentes en los *Asentamientos que permanecen como tales*.

Paso 4: Utilizar la estimación de ΔC_G de la Ecuación 2.7 del Capítulo 2 para estimar los cambios anuales de existencias de carbono de la biomasa. Para árboles, fijar $\Delta C_L = 0$ si la edad promedio de la población de árboles es menor o igual que el período de crecimiento activo (AGP); si la edad promedio de los árboles es mayor que el AGP (Sección 8.2.1.2), entonces suponer que $\Delta C_G = \Delta C_L$ o usar datos específicos de la situación de que se trate.

Nivel 3

Un método de Nivel 3 requiere información más detallada que uno del Nivel 2, a saber:

- justificar los diferentes usos de la tierra dentro de los asentamientos (residencial, recreativo, industrial, etc.);
- estimaciones y modelos detallados en cuanto al crecimiento y la longevidad de las especies vegetales más importantes;
- destino de los restos de podas y de la materia muerta y demás biomasa que se transfiere al depósito de DOM; y
- otros elementos que resulten apropiados para las circunstancias nacionales.

8.2.1.4 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Nivel 1

No se requiere evaluación de incertidumbre porque los cambios en la biomasa viva se fijan en cero.

Niveles 2 y 3

La incertidumbre en general de cualquier estimación del cambio en las existencias de carbono de la biomasa viva es una combinación de las incertidumbres de los términos que la componen. Estos se verán influenciados por la heterogeneidad entre los tipos de uso de la tierra urbanos y dentro de cada uno de ellos, así como por la intensidad y la frecuencia de manejo de las plantas, tanto en los espacios públicos como en los privados. Es factible que la incertidumbre sea alta puesto que hay limitada experiencia en la medición de los cambios en las existencias de carbono en asentamientos urbanos y rurales. Los pocos estudios realizados sobre la capacidad de las ciudades como sumideros de CO₂ difieren en metodología y alcance, pero es poco factible que la relativa incertidumbre general de la estimación de cambios en las existencias de carbono sea de menos del 30 al 50% respecto a la media.

8.2.2 Materia orgánica muerta

La mayoría de los cambios en las existencias de carbono relacionados con la materia orgánica muerta (DOM) están relacionados con cambios en la cobertura arbórea de los asentamientos. Se suministran métodos para dos tipos de depósitos de DOM: 1) madera muerta y 2) hojarasca. El Capítulo 1 de este volumen proporciona definiciones detalladas de estos depósitos.

Los de madera muerta son depósitos diversos con muchos problemas prácticos para las mediciones de campo y con incertidumbres asociadas respecto a las tasas de transferencia a hojarasca, suelo o emisiones a la atmósfera. Las cantidades de madera muerta dependen del momento en el que se produjo la última perturbación, de la cantidad agregada (mortalidad) en el momento de la perturbación, de las tasas de mortalidad natural, de las tasas de descomposición y de la gestión.

La acumulación de hojarasca está en función de la cantidad anual de caída de hojarasca, que incluye todas las hojas, brotes y ramitas, frutas, flores y corteza, menos la tasa anual de descomposición. La masa de hojarasca se ve influenciada por el tiempo transcurrido desde la última perturbación y por el tipo de perturbación. La gestión, incluida la recolección de madera y de hierbas, el quemado y el pastoreo alteran significativamente las propiedades de la hojarasca, pero hay pocos estudios que documenten claramente los efectos.

En comunidades de césped herbáceo perenne, se acumula una fina capa de paja sobre la superficie del suelo. La profundidad de esta capa depende del balance entre la acumulación (producción de pasto) y la descomposición, lo que varía sustancialmente según el clima y el régimen de gestión. Aunque se ha reconocido la función de esta capa (Raturi *et al.*, 2004), hasta el momento no se han publicado datos sobre el impacto general de la acumulación de carbono en este depósito de DOM sobre el nivel del paisaje. Como consecuencia, en estas *Directrices* se reconoce la potencial importancia de la paja en la DOM de los asentamientos, pero se supone que las entradas son equivalentes a las salidas, por lo que el cambio neto en las existencias de carbono es cero.

Aún no se han publicado estudios sobre la tasa de acumulación de materia muerta en asentamientos, aunque algunos estudios han descrito la producción de hojarasca de hojas en asentamientos (cf. Jo y McPherson, 1995). En los únicos datos por medición sobre este componente del flujo del carbono, Kaye *et al.* (2005) hallaron que la hojarasca de hojas y arbustos en los canchales residenciales de Colorado (EEUU) llegaba a un total de 49 g C m⁻² año⁻¹ o, aproximadamente, al 13% de la productividad aérea total (383 g C m⁻² año⁻¹). Considerando que lo habitual en los asentamientos es que la tasa de respiración del suelo sea alta comparada con la de los paisajes naturales (Koerner y Klopatek, 2002; Kaye *et al.*, 2005), es factible que la hojarasca fina caída se descomponga rápidamente. Por lo tanto, un enfoque conservador es fijar la tasa de acumulación del componente de hojarasca de la DOM en cero.

8.2.2.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

La estimación de los cambios en las existencias de carbono en DOM requiere una estimación de los cambios de las existencias de madera muerta y hojarasca (véase la Ecuación 2.17 del Capítulo 2). Cada uno de los depósitos de DOM se trata por separado, pero el método para determinar los cambios en cada depósito es el mismo. El árbol de decisión de la Figura 2.3 del Capítulo 2 ayuda a seleccionar el nivel apropiado.

Nivel 1

En el Nivel 1, se supone que la materia muerta y los depósitos de hojarasca están en el equilibrio y, por ende, no es necesario estimar los cambios en las existencias de carbono para estos depósitos. Se aconseja que los países

que experimenten cambios significativos en la cobertura arbórea de los asentamientos desarrollen datos nacionales para cuantificarlos y declararlos bajo la metodología de los Niveles 2 o 3.

Niveles 2 y 3

Los Niveles 2 y 3 permiten calcular los cambios en las existencias de carbono en madera muerta y hojarasca debidos a cambios en la cobertura arbórea. Se sugieren dos métodos para estimar los respectivos cambios en las existencias de carbono.

Método 1 (También llamado **Método de ganancias y pérdidas**, Ecuación 2.18 del Capítulo 2): Este método implica estimar la superficie de las categorías de asentamientos y el promedio anual de transferencia hacia y desde las existencias de madera muerta y hojarasca. Requiere una estimación de la superficie bajo *Asentamientos que permanecen como tales* según las diferentes zonas climáticas o ecológicas, o los tipos de asentamientos, regímenes de perturbaciones, regímenes de gestión, u otros factores que afecten significativamente los depósitos de carbono en madera muerta y hojarasca. También se requiere la cantidad de biomasa transferida a las existencias de madera muerta y hojarasca, así como la cantidad de biomasa transferida desde las existencias de madera muerta y hojarasca por hectárea, según los diferentes tipos de asentamientos.

Método 2 (También llamado **Método de diferencia de existencias**, Ecuación 2.19 del Capítulo 2): Este método implica estimar la superficie de asentamientos y las existencias de madera muerta y hojarasca en dos períodos dados, t_1 y t_2 . Los cambios ocurridos en las existencias de madera muerta y hojarasca en el año de inventario se calculan dividiendo los cambios en las existencias por el período (años) transcurrido entre dos mediciones. El método de diferencia de existencias se puede aplicar en los países en los que se realizan inventarios periódicos de los asentamientos. Este método es más apropiado para los países que adoptan los métodos de Nivel 3. Se emplean estos últimos en los países que cuentan con factores de emisión específicos del país y con datos considerables a nivel nacional. La metodología definida para el país puede basarse en inventarios detallados de parcelas de muestreo permanente de sus asentamientos y/o en modelos.

8.2.2.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN/ABSORCIÓN

Fracción de carbono: la fracción de carbono de la madera muerta y la hojarasca es variable, en particular en cuanto a hojarasca, y depende de la etapa de descomposición. Se puede usar un valor de $0,50 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1}$ por defecto, en ambos casos.

Nivel 1

Los factores de emisión no son necesarios.

Nivel 2

Es una *buena práctica* utilizar datos de DOM de nivel nacional para diferentes categorías de asentamientos, en combinación con valores por defecto, si no se dispone de valores específicos del país o de la región respecto a algunas categorías de asentamientos. Los valores específicos del país para la transferencia de carbono de árboles y hierbas vivos a residuos de cosecha y de descomposición (en el caso del Método de ganancias y pérdidas) o del cambio neto en los depósitos de DOM (en el caso del Método de diferencia de existencias), pueden derivarse de los factores de expansión nacionales, teniendo en cuenta los factores de expansión nacionales, los tipos de asentamientos, la tasa de utilización de la biomasa, la mortalidad, las prácticas de gestión y de cosecha, y la cantidad de vegetación deteriorada durante las operaciones de gestión y de cosecha.

Nivel 3

Los países deben desarrollar sus propias metodologías y parámetros para estimar los cambios de DOM. Estas metodologías pueden derivarse de los Métodos 1 o 2 especificados antes, o pueden estar basados en otros enfoques de modelización o muestreo (véanse los métodos de muestreo planteados en el Capítulo 3, Anexo 3A.3).

8.2.2.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Los datos de la actividad consisten en las superficies de los *Asentamientos que permanecen como tales* resumidas según los principales tipos de asentamientos. El total de la superficie de Asentamientos debe ser coherente con lo declarado bajo otras secciones de este capítulo y, en particular, en la sección de biomasa de *Asentamientos que permanecen como tales*. La evaluación de los cambios en la DOM se facilita considerablemente si esta información se puede utilizar conjuntamente con los datos nacionales sobre suelos y clima, inventarios de vegetación y otros datos geofísicos.

Resumen paso a paso del método para estimar cambios en las existencias de carbono en DOM

Nivel 1

En el Nivel 1, se supone que las entradas y salidas de DOM son equivalentes, por lo que no hay cambios anuales netos en las existencias de carbono de la madera muerta o la hojarasca y no se requiere evaluación.

Niveles 2 o 3 (Método 1, método de pérdidas y ganancias)

Cada uno de los depósitos de DOM (madera muerta y hojarasca) deben tratarse por separado, pero el método para cada depósito es el mismo.

Paso 1: determinar las categorías a utilizar en esta evaluación y las superficies representativas. La categoría consiste en las definiciones del tipo de asentamientos. Los datos de superficie deben obtenerse empleando los métodos descritos en el Capítulo 3.

Paso 2: identificar los valores, a partir de inventarios o estudios científicos, de las entradas y salidas promedio de madera muerta u hojarasca para cada categoría. No existen factores por defecto para las entradas y salidas de estos depósitos, de modo que los países deben utilizar los datos disponibles localmente. Calcular el cambio neto de los depósitos de DOM restando las salidas de las entradas. Los valores negativos indican una disminución neta de las existencias (Ecuación 2.18).

Paso 3: determinar el cambio neto en las existencias de carbono en DOM para cada categoría. Multiplicar el cambio en las existencias de DOM por la fracción de carbono de madera muerta u hojarasca, para determinar el cambio neto en las existencias de carbono en madera muerta y hojarasca.

Paso 4: determinar el cambio total de los depósitos de carbono en DOM para cada categoría, multiplicando la superficie representativa de cada categoría por el cambio neto de las existencias de carbono en DOM para esa categoría.

Paso 5: determinar el cambio en el total de las existencias de carbono en DOM mediante la suma de los cambios totales en DOM de todas las categorías.

Niveles 2 o 3 (Método 2, método de diferencia de existencias)

Cada uno de los depósitos de DOM debe tratarse por separado, pero el método para cada depósito es el mismo.

Paso 1: determinar las categorías de asentamientos y la superficie según lo descrito en el Paso 1 anterior.

Paso 2: a partir de los datos de inventario, identificar el intervalo entre inventarios, las existencias promedio de DOM del inventario inicial (t_1) y del inventario final (t_2). Utilizar estos valores para calcular el cambio anual neto de las existencias de DOM, restando las existencias de DOM en t_1 de las existencias de DOM en t_2 y dividiendo la diferencia por el intervalo. Un valor negativo indica una disminución de las existencias de DOM (Ecuación 2.19).

Paso 3: determinar el cambio neto en las existencias de carbono en DOM para cada categoría. Determinar el cambio neto de las existencias de carbono en DOM multiplicando el cambio neto de las existencias de DOM para cada categoría por la fracción de carbono de DOM.

Paso 4: determinar el cambio total de los depósitos de carbono en DOM para cada categoría de actividad multiplicando la superficie representativa de cada categoría de actividad por el cambio neto de las existencias de carbono en DOM para esa categoría.

Paso 5: determinar el cambio total de las existencias de carbono en DOM mediante la suma de los cambios totales en DOM de todas las categorías de actividad.

8.2.2.4 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Bajo el Nivel 1, no es necesario estimar la incertidumbre ya que se supone que los depósitos de DOM son estables. En cuanto a la estimación de los Niveles 2 y 3, las fuentes de incertidumbre incluyen el grado de exactitud de las estimaciones de superficies de tierra, el incremento y la pérdida de carbono, las existencias de carbono, y los términos del factor de expansión. Los datos de superficie y las estimaciones de incertidumbre deben obtenerse empleando los métodos descritos en el Capítulo 3, donde se suministran incertidumbres por defecto relacionadas con los diferentes métodos. Es factible que las incertidumbres relacionadas con los valores de existencias de carbono y de otros parámetros sean, como mínimo, de un factor de tres, a menos que se disponga de datos específicos del país procedentes de sondeos bien diseñados.

8.2.3 Carbono del suelo

Los suelos de los asentamientos pueden ser fuentes o sumideros de CO₂, según el uso previo de la tierra, de los enterramientos o las recogidas del suelo durante el desarrollo, y de la gestión actual, en particular con respecto a

aplicaciones de nutrientes y de agua, además del tipo y de la cantidad de cubierta vegetal distribuida por las calles, los caminos y la respectiva infraestructura (Goldman *et al.*, 1995; Pouyat *et al.*, 2002; Jo, 2002; Qian y Follett, 2002; Kaye *et al.*, 2004). A la fecha de preparación de estas *Directrices* sólo se han realizado unos pocos estudios sobre la evaluación del efecto de la gestión de los asentamientos sobre el C del suelo y la mayoría de ellos referidos a América del Norte (p. ej., Pouyat *et al.*, 2002), lo que hace difícil una generalización. Por ejemplo, es factible que haya grandes diferencias que no se hayan estudiado bien entre los asentamientos de los países desarrollados y los de aquellos en desarrollo.

Estimar el impacto de la gestión del asentamiento sobre el depósito de C en el suelo va a resultar de particular importancia en países con una gran porción de tierra ubicada en ciudades y pueblos, o con altas tasas de expansión de los asentamientos. En cuanto a los suelos minerales, el impacto del uso y la gestión de la tierra en asentamientos sobre las existencias de C puede estimarse sobre la base de las diferencias en depósito entre las clases de gestión del asentamiento respecto a una condición de referencia, otros usos de tierras gestionadas y como las tierras nativas. Las clases de gestión de los asentamientos podrían incluir césped (p. ej., canteros y campos de golf), bosques urbanos, jardines, áreas de residuos (p. ej., vertederos de basura), áreas estériles (suelo expuesto) e infraestructura (p. ej., vías férreas, casas y edificios). Aunque es menos habitual que los suelos orgánicos se utilicen para el desarrollo de asentamientos, estos suelos emiten C si se los drena debido a una acentuada descomposición, similar al efecto del drenaje con propósitos agrícolas (Armentano y Menges, 1986).

Se incluyen información general y directrices para estimar los cambios en las existencias de C del suelo en el Capítulo 2, Sección 2.3.3 y se las debe leer antes de continuar con las directrices específicas referidas a los asentamientos. Los cambios totales de las existencias de C del suelo en Asentamientos se calculan utilizando la Ecuación 2.24 del Capítulo 2, en la que se combinan los cambios en las existencias de C orgánico del suelo para suelos minerales y orgánicos, con los cambios en las existencias de los depósitos de C inorgánico del suelo (Nivel 3 solamente). En la próxima sección se brinda orientación específica para estimar los cambios en las existencias de C orgánico del suelo. En cuanto a un análisis general sobre C inorgánico, no se brinda ninguna información adicional en el análisis que sigue referido a Asentamientos.

Para dar cuenta de los cambios en las existencias de C del suelo relacionados con *Asentamientos que permanecen como tales*, los países deben contar con estimaciones de la superficie del asentamiento en cuestión, estratificadas por regiones climáticas y tipos de suelos. Se pueden realizar estimaciones de inventario más detalladas mediante sondeos sobre el terreno y/o análisis periódicos de imágenes de detección remota para determinar las clases de gestión de los asentamientos (p. ej., césped, bosques urbanos, jardines, zonas de residuos, áreas estériles e infraestructura).

Los inventarios pueden desarrollarse empleando métodos de Niveles 1, 2 o 3; siendo el Nivel 3 el que requiere más detalles y recursos. También es posible que los países utilicen diferentes niveles para preparar estimaciones de los diferentes componentes de esta categoría de fuente, lo que incluye suelos minerales y orgánicos, además de depósitos de C inorgánico en el suelo, si se utiliza el método del Nivel 3. Las Figuras 2.4 y 2.5 del Capítulo 2 contienen árboles de decisión que brindan orientación para identificar el nivel apropiado para estimar los cambios en las existencias de carbono en suelos minerales y orgánicos, respectivamente.

8.2.3.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

Suelos minerales

Nivel 1

En el método del Nivel 1, se supone que las entradas son equivalentes a las salidas, por lo que las existencias de C en el suelo de los asentamientos no cambian en los *Asentamientos que permanecen como tales*.

Nivel 2

En el método de Nivel 2 para suelos minerales se utiliza la Ecuación 2.25 del Capítulo 2; se incluyen las existencias de C de referencia específicas del país o la región y/o los factores de cambio de existencias y, posiblemente, los datos de la actividad en el uso de la tierra y datos ambientales convenientemente desagregados.

Nivel 3

El Nivel 3 es un método avanzado para estimar las existencias de C en el suelo relacionadas con las clases de cobertura en asentamientos, tales como un modelo dinámico o una red de mediciones/monitorización. Son pocos, si los hay, los modelos o los sistemas de medición que se han desarrollado para estimar las existencias de C en el suelo en asentamientos que se puedan considerar métodos de Nivel 3. Esto merece consideración si el C del suelo de los asentamientos se considera una categoría de fuentes principal. Se suministra orientación adicional sobre métodos de Nivel 3 en la Sección 2.3.3 del Capítulo 2.

Suelos orgánicos

Niveles 1 y 2

Es poco factible que los asentamientos se construyan sobre suelos orgánicos profundos, aunque, de ser necesario, las emisiones se pueden calcular aplicando la Ecuación 2.26 del Capítulo 2. Un método de Nivel 2 incluye información específica del país para estimar los factores de emisión, además de una clasificación de las coberturas del asentamiento. No obstante, también es opcional en el método de Nivel 2 utilizar una clasificación más detallada del clima y de los suelos que la de las categorías por defecto.

Nivel 3

Los métodos del Nivel 3 para suelos orgánicos incluyen sistemas de gestión más detallados que comprenden modelos dinámicos y/o redes de medición. Se suministra orientación adicional sobre métodos de Nivel 3 en la Sección 2.3.3 del Capítulo 2.

8.2.3.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE CAMBIO DE EXISTENCIAS Y DE EMISIÓN

Suelos minerales

Nivel 1

En el método del Nivel 1, se supone que las entradas son equivalentes a las salidas, por lo que las existencias de C en el suelo de los asentamientos no cambian en los *Asentamientos que permanecen como tales*.

Nivel 2

Dado que no se dispone de valores por defecto, el Nivel 2 exige la estimación de factores de cambio de existencias específicos del país. En la Ecuación 2.25 del Capítulo 2, se utilizan tres niveles de factores de cambio de existencias según el uso de la tierra, la gestión dentro del uso de la tierra y el nivel de entradas. El compilador del inventario debe definir las clases de gestión pertinentes de los asentamientos (como el césped); derivar factores de cambio de existencias para el uso de la tierra (F_{LU}) sobre la base del almacenamiento de C para cada clase con relación a la condición de referencia, que es factible que sean los terrenos nativos. Los factores de gestión (F_{MG}) otorgan flexibilidad para especificar la forma en la que se gestiona el uso de la tierra (como para campos deportivos o usos ornamentales) y se pueden emplear factores de entrada (F_I) para representar la influencia de la gestión sobre el C de entrada, como las prácticas de riego o de fertilización.

Nivel 3

El Nivel 3 requiere cierta combinación de modelos detallados del proceso y de recolección de datos, con la estrategia de muestreo y un remuestreo periódico, a fin de capturar los efectos del uso de la tierra y de la gestión. Para un análisis más pormenorizado, véase la Sección 2.3.3.1 del Capítulo 2.

Suelos orgánicos

Nivel 1

Si los suelos se drenan y no se quita la turba, se pueden calcular las emisiones empleando factores de emisión para suelos orgánicos cultivados, dado que el drenaje profundo en los asentamientos es similar al de las tierras de cultivo. Si se quita la turba, se debe suponer que el carbono es liberado en el año de la remoción (véase el Capítulo 5, Tierras de cultivo).

Nivel 2

En un método de Nivel 2, los factores de emisión se derivan de los datos experimentales específicos del país. Es una *buena práctica* que los factores de emisión se deriven para clases específicas de gestión de los asentamientos y/o mediante una clasificación más pormenorizada de regiones climáticas, suponiendo que las nuevas categorías capturan diferencias significativas en tasas de pérdida de C. Se suministra orientación adicional en la Sección 2.3.3.1 del Capítulo 2.

Nivel 3

El consejo es el mismo dado anteriormente para suelos minerales.

8.2.3.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Suelos minerales

Nivel 1

En el método del Nivel 1, se supone que las entradas son equivalentes a las salidas, por lo que las existencias de C en el suelo de los asentamientos no cambian en los *Asentamientos que permanecen como tales*.

Nivel 2

Para el Nivel 2, los datos de la actividad consisten en superficies de los asentamientos subdivididas por clima, tipo de suelo y/o clases de gestión, según resulte necesario, a fin de que se correspondan con los factores de cambio de existencias descritos antes. Los registros municipales pueden resultar útiles para determinar la proporción de las diversas clases de gestión (p. ej., zonas de compras, subdivisiones, comercios, parques, escuelas, etc.), complementados con el conocimiento de los expertos nacionales sobre la distribución aproximada de las clases de asentamientos (es decir, césped, bosques urbanos, jardines, áreas de residuos, áreas estériles e infraestructura). Los métodos del Nivel 2 pueden incluir una estratificación más pormenorizada de los datos ambientales, incluyendo regiones climáticas y tipos de suelos, siempre que se hayan desarrollado los correspondientes factores de cambio de existencias.

Nivel 3

Con los datos de la actividad para la aplicación de modelos dinámicos y/o un inventario basado en mediciones directas, se caracterizan el clima, el suelo, los regímenes topográficos y de gestión, según el diseño del modelo y el muestreo.

Suelos orgánicos

Nivel 1

Es necesario que la superficie total de suelos orgánicos cultivados en asentamientos, estratificada por región climática, se corresponda con los Cuadros 5.6 del Capítulo 5 o 6.3 del Capítulo 6. Se puede obtener un valor por defecto multiplicando el total de la superficie urbana, en función de la región climática, por la proporción de superficie de espacio verde que aparece más arriba, en el Cuadro 8.3.

Nivel 2

Los métodos de Nivel 2 para suelos orgánicos incluyen especificaciones más detalladas de las clases de gestión y, posiblemente, una división más pormenorizada de tales clases por drenaje o regiones climáticas. La estratificación debe estar basada en datos empíricos que demuestren diferencias significativas en las tasas de pérdida de carbono respecto a las clases propuestas.

Nivel 3

El consejo es el mismo dado anteriormente para suelos minerales.

8.2.3.4 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

En los Niveles 1 y 2, las incertidumbres respecto a los inventarios de C están relacionadas con la representación de 1) las actividades de uso y gestión de la tierra; 2) las existencias de C de referencia en el suelo mineral; y 3) los cambios de existencias y los factores de emisión. Las incertidumbres de Nivel 3 dependen de la estructura y los parámetros del modelo, o de la estrategia en cuanto a errores de medición y de muestreo. Por lo general, la incertidumbre se reduce mediante más muestreos y utilizando estimaciones de nivel superior que incluyan información específica del país.

Las incertidumbres con respecto a las existencias de C y los factores de emisión se indican en el Cuadro 2.3 del Capítulo 2; en los Cuadros 5.5 y 5.6 del Capítulo 5; y en los Cuadros 6.2 y 6.3 del Capítulo 6. El compilador del inventario debe evaluar las incertidumbres en cuanto a los datos de uso y gestión de la tierra, y combinarlas con las incertidumbres correspondientes a los factores por defecto y a las existencias de C de referencia, empleando un método apropiado, como simples ecuaciones de propagación de error. Si se emplean estadísticas agregadas de superficies de uso de la tierra para los datos de la actividad (p. ej., datos de la FAO), puede que el compilador del inventario deba aplicar un nivel de incertidumbre por defecto para las estimaciones de la superficie territorial ($\pm 50\%$). No obstante, constituye una *buena práctica* que derive las incertidumbres de datos de la actividad específicos del país en lugar de utilizar un nivel por defecto.

Las existencias de C de referencia para suelos minerales y los factores de emisión para suelos orgánicos por defecto pueden contener altos niveles de incertidumbre, cuando se los aplica a países específicos. Los valores por defecto representan valores promediados a nivel mundial de uso de la tierra e impactos de gestión o existencias de C de referencia que pueden diferenciarse de los valores específicos de una región (Powers *et al.*, 2004; Ogle *et al.*, 2006). El sesgo se puede reducir derivando factores específicos del país cuando se emplea el método de Nivel 2 o desarrollando un sistema de estimación específico del país de Nivel 3. La base subyacente de los métodos de nivel superior es la investigación realizada en el país o en las regiones vecinas que establezcan el efecto del uso y la gestión de la tierra sobre el C del suelo. Es una *buena práctica* minimizar el sesgo contabilizando las diferencias significativas dentro del país en cuanto a impactos del uso y la gestión de la tierra, como son la variación entre regiones climáticas y/o tipos de suelos, incluso a expensas de una menor precisión en las estimaciones de factores (Ogle *et al.*, 2006). El sesgo es más problemático cuando se declaran cambios en las existencias porque no está necesariamente considerado en el rango de incertidumbre (es decir, el verdadero cambio en las existencias puede estar fuera del rango de incertidumbre declarado si hay un sesgo significativo en los factores).

La precisión en las estadísticas de actividad de uso de la tierra se puede mejorar mediante un mejor sistema nacional, por ejemplo, desarrollando o ampliando un sondeo basado en el terreno con un mayor número de puntos de muestreo y/o incorporando la teledetección para lograr una cobertura adicional. Es una *buena práctica* diseñar una clasificación en la que se considere la mayor parte de la actividad en uso y gestión del suelo con un tamaño amplio para minimizar la incertidumbre a escala nacional.

En cuanto a los métodos de Nivel 2, se incorpora la información específica del país al análisis del inventario a fin de reducir el sesgo. Por ejemplo, Ogle *et al.* (2003) utilizaron datos específicos del país para elaborar funciones de densidad de probabilidad para factores específicos, datos de la actividad y existencias de C de referencia de los Estados Unidos respecto a los suelos agrícolas. Constituye una *buena práctica* evaluar las dependencias entre factores, existencias de C de referencia o datos de la actividad de uso y gestión del suelo. En particular, son comunes las fuertes dependencias en los datos de la actividad de uso y gestión del suelo porque las prácticas de gestión tienden a correlacionarse en el tiempo y el espacio.

Los modelos de Nivel 3 son más complejos y las simples ecuaciones de propagación de errores pueden no resultar eficaces para cuantificar la incertidumbre asociada de las estimaciones resultantes. Es posible realizar análisis de Monte Carlos (Smith y Heath, 2001), pero puede resultar dificultosa su aplicación si el modelo tiene muchos parámetros (algunos modelos pueden tener varios cientos de parámetros) porque se deben elaborar funciones conjuntas de densidad de probabilidades con las que se cuantifique la varianza, así como la covarianza, entre los parámetros. También se dispone de otros métodos, tales como los métodos de base empírica (Monte *et al.*, 1996), en los que se emplean mediciones de una red de monitorización para evaluar estadísticamente la relación entre los resultados medidos y los modelizados (Falloon y Smith, 2003). En contraste con la modelización, las incertidumbres de los inventarios en base a mediciones de Nivel 3 pueden determinarse directamente a partir de la varianza de las muestras, de errores en la medición y otras fuentes pertinentes de incertidumbre.

8.3 TIERRAS CONVERTIDAS EN ASENTAMIENTOS

La conversión de Tierras forestales, Tierras de cultivo, Pastizales, etc. en Asentamientos lleva a emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero. Los métodos para estimar los cambios en las existencias de carbono relacionados con las conversiones de uso de la tierra se describen en los Capítulos 2, 4, 5 y 6 de este volumen. El árbol de decisiones (véase la Figura 1.3 del Capítulo 1) y los mismos métodos básicos pueden aplicarse para estimar los cambios en las existencias de carbono de Tierras forestales, Tierras de cultivo y Pastizales convertidos en Asentamientos.

Según la magnitud de las existencias de carbono en la categoría anterior de uso de la tierra, las tierras convertidas en Asentamientos pueden experimentar una pérdida relativamente rápida de carbono durante el primer año, seguida por un incremento más gradual de los depósitos de carbono. Por ejemplo, normalmente, las Tierras forestales convertidas en Asentamientos estarían caracterizadas por este brusco cambio, seguido por un incremento gradual de las existencias de carbono. Si las existencias de carbono del uso previo de la tierra fueran menores que en los asentamientos, esta transición brusca no tendría lugar durante el primer año. Por ejemplo, las Tierras de cultivo abandonadas convertidas en Asentamientos experimentarían sólo un incremento gradual de las existencias de carbono y no la transición inicial brusca.

A veces, los métodos descritos se han simplificado estimando los efectos de la conversión durante un solo año, seguido de la aplicación de los métodos antes descritos para los *Asentamientos que permanecen como tales*. No obstante, donde esto ocurre, la superficie de la tierra debe mantenerse en el estado de conversión durante el período de transición adoptado. De lo contrario, es factible que se produzcan dificultades para mantener la coherencia de la matriz de usos de la tierra.

Donde se utilice el Método 1 en su forma más simple para la representación de la superficie del terreno (véase el Capítulo 3) y no se disponga de información complementaria que permita inferir los usos anteriores de la tierra, se conocerá solamente la superficie total de los asentamientos en función del tiempo y se desconocerán los usos previos de la tierra. Bajo estas circunstancias, no se pueden estimar las existencias de biomasa previas a la conversión (B_{antes}) ni se puede aplicar la Ecuación 2.16. En este caso, las tierras convertidas en Asentamientos deben estimarse con las que permanecen como Asentamientos y las emisiones o absorciones resultantes de la conversión en Asentamientos, así como otros cambios en el uso de la tierra, se representan como cambios por etapas en las demás categorías y no se asignan adecuadamente a las conversiones de forma coherente con la matriz de cambios en el uso de la tierra. De hecho, las transiciones se convierten en cambios por etapas en todo el ámbito. Esto hace que se torne particularmente importante la coordinación entre los distintos sectores, a fin de asegurar que el total de la base territorial se mantenga constante con el tiempo, dado que ciertas superficies se pierden o ganan dentro de sectores individuales durante cada año de inventario, debido a cambios en el uso de la tierra.

8.3.1 Biomasa

8.3.1.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

El método general para calcular el cambio inmediato en la biomasa viva resultante de la conversión en Asentamientos se representa en las Ecuaciones 2.15 y 2.16 del Capítulo 2. El incremento medio anual de la biomasa producida por la transición se representa como la diferencia entre la biomasa en la categoría de uso de la tierra del asentamiento justo después de la transición ($B_{\text{Después}}$) y la biomasa en la categoría anterior (B_{Antes}).

Este método sigue el método de las *Directrices* para otras transiciones en el uso de la tierra: el cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa debido a la conversión del uso de la tierra se estima (empleando la Ecuación 2.16) multiplicando la superficie convertida anualmente en Asentamientos por la diferencia en las existencias de carbono entre la biomasa del sistema antes de la conversión (B_{Antes}) y la de los asentamientos después de la conversión ($B_{\text{Después}}$).

Nivel 1

En el Nivel 1, durante el primer año que sigue a la conversión al uso de la tierra como asentamiento, el método más conservador es fijar $B_{\text{Después}}$ en cero, lo que significa que el proceso de desarrollo de los asentamientos hace que las existencias de carbono se agoten por completo. Para hacerlo, es necesario agregar crecimiento durante el año del inventario (ΔC_G) y restar pérdida (ΔC_L) para obtener el cambio neto en las existencias de carbono de las tierras convertidas en Asentamientos (Ecuación 2.15).

Nivel 2

En el Nivel 2, se pueden aplicar las existencias de carbono específicas del país a los datos de la actividad desagregados a un nivel de detalle adaptado a las circunstancias nacionales. En los niveles superiores, debe registrarse la superficie de cada uso de la tierra y el tipo de cobertura del terreno convertido en otro tipo en un asentamiento (los ejemplos de los tipos de uso y cobertura de la tierra se describen en la Sección 8.2), ya que la superficie se relaciona con la cantidad de carbono tanto antes como después de la conversión. Es factible que los tipos de uso y cobertura de la tierra del asentamiento difieran en su densidad de carbono.

Nivel 3

En el Nivel 3, los países pueden utilizar el método de diferencia de existencias (Ecuación 2.8) u otros métodos de estimación avanzados que pueden incluir complejos modelos y datos de la actividad muy desagregados, incluyendo —si está disponible— información más detallada respecto a $B_{\text{Después}}$ a nivel específico del país o de la bioma.

8.3.1.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN/ABSORCIÓN

Nivel 1

Los métodos de Nivel 1 requieren estimaciones de la biomasa del uso de la tierra antes y después de la conversión. Se supone que se elimina toda la biomasa cuando se prepara un lugar para utilizarlo como asentamiento; por lo tanto, el valor por defecto de la biomasa inmediatamente después de la conversión es de 0 ton há^{-1} . Los valores por defecto de la biomasa previa a la conversión (B_{Antes}) se suministran en el Cuadro 8.4.

CUADRO 8.4 EXISTENCIAS DE CARBONO EN LA BIOMASA POR DEFECTO QUE SE ELIMINAN DEBIDO A LA CONVERSIÓN EN ASENTAMIENTOS		
Categoría de uso de la tierra	Existencias de carbono en la biomasa previas a la conversión (B_{Antes}) (ton C há^{-1})	Rango de error [#]
tierras forestales	Véanse los Cuadros 4.7 a 4.12 del Capítulo 4 para las existencias de carbono en una gama de tipos de bosques por regiones climáticas. Las existencias están en términos de materia seca. Multiplicar los valores por una fracción de carbono (CF) de 0,5 para convertir materia seca en	Véase la Sección 4.3 (Tierras convertidas en tierras forestales)
Pastizales	Véase el Cuadro 6.4 del Capítulo 6 para las existencias de carbono en una gama de tipos de pastizales por regiones climáticas.	$\pm 75\%$
tierras de cultivo	Para las tierras de cultivo que contienen cultivos anuales: utilice el valor por defecto de 4,7 ton de carbono há^{-1} de carbono o 10 ton de materia seca há^{-1} (véase el Capítulo 6, Sección 6.3.1.2).	$\pm 75\%$.
[#] Representa una estimación nominal del error, equivalente a dos veces la desviación estándar, como porcentaje de la media.		

Niveles 2 y 3

En el método de Nivel 2 se reemplazan los datos por defecto por datos específicos del país y el Nivel 3 incluye una modelización detallada o datos de mediciones pertinentes a los procesos de conversión.

8.3.1.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Los datos de la actividad para estimar los cambios en la biomasa de superficies de terreno convertidas en Asentamientos pueden obtenerse, coherentemente con los principios generales establecidos en el Capítulo 3, a través de estadísticas nacionales, de servicios forestales, organismos de conservación, ayuntamientos u organismos de sondeos y mapeo. Se deben realizar verificaciones cruzadas para garantizar una representación completa y coherente de las tierras convertidas anualmente, a fin de evitar omisiones o cálculos dobles. Los datos deben desagregarse de acuerdo con las categorías generales de clima y tipos de Asentamientos. Los inventarios de Nivel 3 requieren información más exhaustiva sobre el establecimiento de nuevos asentamientos, con información más refinada sobre las clases de suelos, climas y resolución espacial y temporal. Todos los cambios que se hayan producido durante el número de años seleccionado como período de transición se incluyen con las transiciones más antiguas que el período de transición (por defecto 20 años) declaradas como subdivisión de los *Asentamientos que permanecen como tales*.

Los niveles superiores requieren mayor detalle, pero el requisito mínimo para que los inventarios sean coherentes con las *Directrices del IPCC* es que la conversión de las superficies de Tierras Forestales puedan identificarse por separado. Esto se debe a que, habitualmente, los bosques tienen una mayor densidad de carbono antes de la conversión. Implica que se va a necesitar, por lo menos, un conocimiento parcial de la matriz de cambios en el uso de la tierra y, en consecuencia, en los casos en los que se utilizan los Métodos 1 y 2 del Capítulo 3 para estimar la superficie de tierra, pueden necesitarse sondeos complementarios para identificar la superficie de tierra que se está convirtiendo de Tierras forestales en Asentamientos. Como se señalara en el Capítulo 3, donde se esté comenzando a realizar sondeos, a menudo va a resultar más exacto establecer directamente las superficies bajo conversión que estimarlas de las diferencias de las superficies totales de tierra bajo ciertos usos en particular en diferentes momentos.

Método de aplicación paso a paso

Nivel 1

Usar valores por defecto para B_{Antes} del capítulo respectivo a la categoría de uso de la tierra (Tierras forestales, Pastizales, etc.) y suponer que $B_{\text{Después}}$ equivale a cero en la Ecuación 2.16.

Paso 1: aplicar la Ecuación 2.16 para cada tipo de uso de la tierra convertido en asentamientos;

Paso 2: sumar los cambios de la biomasa para todos los tipos de uso de la tierra; y

Paso 3: multiplicar el resultado por 44/12 para obtener la cantidad de equivalentes de CO_2 emitidos (la suma obtenida en el Paso 2 será un número negativo) a consecuencia de la conversión de la tierra.

Nivel 2

Los pasos típicos para aplicar un método de Nivel 2 son:

Paso 1: emplear los métodos descritos en el Capítulo 3, incluyendo —donde correspondiere— los registros catastrales y de planeamiento o el análisis de imágenes de detección remota (o ambos), para estimar los cambios en superficie entre el actual y el anterior sondeo de la zona.

Paso 2: definir —como primera aproximación— los tipos de uso de la tierra del asentamiento sobre la base de la proporción de espacio verde. Por ejemplo, tres clases tentativas de uso de la tierra podrían ser: Baja (menos del 33% de espacio verde), Media (de 33 hasta menos del 66% de espacio verde) y Alta (más del 66% de espacio verde). A cada una de estas clases se le puede asignar un contenido de carbono promedio, obtenido de las especies reconocidas en clases definidas de manera similar a fin de contabilizar los cambios de la biomasa en la Sección 8.2.

Paso 3: diseñar una matriz de superficie de conversión del uso de la tierra para las transiciones de uso de la tierra definidas en el Paso 2.

Paso 4: estimar mediante ecuaciones las existencias de biomasa de los tipos de uso de la tierra definidos y de los convertidos (para obtener B_{Antes} y $B_{\text{Después}}$), aplicar la Ecuación 2.16 a cada una de las celdas no vacías de la matriz de cambio de uso de la tierra, sumar los cambios en las existencias de carbono, y multiplicar la suma por 44/12 para obtener los equivalentes de CO₂ en emisión/absorción.

Paso 5: calcular ΔC_G , empleando los Métodos A o B de la Sección 8.2.1, *Asentamientos que permanecen como tales* (la elección del método depende de la aplicabilidad de los factores de emisión y absorción, así como de la disponibilidad de los datos de la actividad). Esto se usará en la Ecuación 2.15.

Paso 6: calcular ΔC_L , empleando los Métodos según lo descrito en la Sección 8.2.1.3, *Asentamientos que permanecen como tales*.

Paso 7: calcular los cambios en las existencias de carbono de la biomasa viva producidos por la transición en el uso de la tierra a Asentamientos, teniendo en cuenta el incremento de la biomasa, las pérdidas de biomasa y los cambios en la biomasa debidos a la conversión del uso de la tierra según lo provisto en la Ecuación 2.15.

8.3.1.4 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Véase la orientación brindada en la Sección 8.2.1.4.

8.3.2 Materia orgánica muerta

Se suministran métodos para dos tipos de depósitos de DOM: 1) madera muerta y 2) hojarasca. En el Capítulo 1 de este informe se ofrecen definiciones de estos depósitos y, en la Sección 8.2.2, DOM, en el contexto de los asentamientos.

Cierras tierras convertidas en Asentamientos no van a sufrir transiciones bruscas (p. ej., las Tierras de cultivo que se abandonan y se convierten en Asentamientos). En este caso, no son apropiados los métodos de la Fase 1, y habrá una transición gradual de los depósitos de DOM hasta alcanzarse un nuevo equilibrio. Cuando sucede de este tipo de conversión, la contabilización global puede tratarse con métodos de la Fase 2.

8.3.2.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

La estimación de los cambios en las existencias de carbono en DOM requiere estimaciones por separado de los cambios en las existencias de madera muerta y de hojarasca (véase la Ecuación 2.17 del Capítulo 2). El árbol de decisión de la Figura 2.3 del Capítulo 2 ayuda a seleccionar el nivel apropiado.

Nivel 1

Por defecto, en el Nivel 1 se supone que todo el carbono contenido en la madera muerta y hojarasca se pierde durante la conversión y no se tiene en cuenta la acumulación subsiguiente.

Nivel 2

Los métodos de Nivel 2 exigen una mayor desagregación que la empleada en el Nivel 1. El cambio inmediato y brusco de las existencias de carbono en madera muerta debido a la conversión de otras tierras en Asentamientos bajo los Niveles 2 y 3 se estimará empleando la Ecuación 2.23, donde C_0 se fija en cero y T_{on} se establece en 1 año. En el Nivel 2 se supone una función de cambio lineal, aunque durante el periodo de transición, los depósitos que ganan o pierden C suelen tener una curva de pérdida o acumulación no lineal que puede representarse en el Nivel 3 a través de sucesivas matrices de transición.

Para el cálculo de los cambios en el carbono de la madera muerta y la hojarasca durante la fase de transición, se sugieren dos métodos:

Método 1 (También llamado **Método de ganancias y pérdidas**, Ecuación 2.18 del Capítulo 2): Este método implica estimar la superficie de cada tipo de conversión de la tierra y el promedio anual de transferencia hacia y desde las existencias de madera muerta y hojarasca. Esto requiere una estimación de la superficie bajo tierras convertidas en Asentamientos, según los diferentes tipos de clima, zonas ecológicas o tipos de asentamientos, el régimen de perturbación, el régimen de gestión u otros factores que afecten significativamente los depósitos de carbono de la madera muerta y hojarasca y la cantidad de biomasa transferida a las existencias de madera muerta y hojarasca, así como la cantidad de biomasa transferida fuera de las existencias de madera muerta y hojarasca por hectárea y según los diferentes tipos de pastizales.

Método 2 (También llamado **Método de diferencia de existencias**, Ecuación 2.19 del Capítulo 2): este método implica estimar la superficie de tierras convertidas en Asentamientos y las existencias de madera muerta y hojarasca en dos períodos dados, t_1 y t_2 . Los cambios ocurridos en las existencias de madera muerta y hojarasca en el año de inventario se calculan dividiendo los cambios en las existencias por el período (años) transcurrido entre dos mediciones. El método de diferencia de existencias puede aplicarse en los países en que se realizan inventarios periódicos.

Nivel 3

En cuanto al Nivel 3, los países deben desarrollar sus propias metodologías y parámetros para estimar los cambios de DOM. Estas metodologías pueden derivarse de los Métodos 1 o 2 antes especificados, o pueden basarse en otros enfoques. El método utilizado debe documentarse claramente. En un método de Nivel 3 deben usarse las verdaderas formas de las curvas de pérdida o acumulación, o debe ser coherentes con ellas. Estas curvas deben aplicarse a cada cohorte que esté bajo transición durante el año de la declaración a fin de estimar los cambios anuales de los depósitos de carbono en madera muerta y hojarasca.

8.3.2.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN/ABSORCIÓN

Fracción de carbono: la fracción de carbono de la madera muerta y la hojarasca es variable y depende de la etapa de descomposición. La madera es mucho menos variable que la hojarasca y se puede utilizar un valor de $0,50 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1}$ para la fracción de carbono. Los valores de hojarasca en los asentamientos oscilan entre 0,3 y 0,50. Si no hay datos disponibles específicos del país o del ecosistema, se sugiere que, para hojarasca, se utilice un valor de fracción de carbono de 0.40.

Nivel 1

Se supone que todas las existencias de carbono en madera muerta y en hojarasca de las tierras convertidas en Asentamientos se pierden durante la conversión, así como que no hay subsiguiente acumulación de nueva DOM en los asentamientos con posterioridad a la conversión. Los valores por defecto para hojarasca forestal previa a la conversión se encuentran en el Cuadro 2.2 del Capítulo 2, pero no se dispone de valores por defecto respecto a la madera muerta ni la hojarasca en la mayoría de los sistemas. Los países deben buscar estimaciones y utilizar datos locales de instituciones de investigación forestal y agrícola a fin de suministrar las mejores estimaciones de madera muerta y hojarasca del sistema inicial previo a la conversión, o usar los valores por defecto del Cuadro 2.2 si no se cuenta con otra información. Se supone que las existencias de carbono en los depósitos de hojarasca y madera muerta de todas las categorías, a excepción de la forestal, equivalen a cero. Se aconseja que los países que experimenten cambios significativos de otros ecosistemas a asentamientos desarrollen datos nacionales para estimar este impacto, y declararlos bajo la metodología de Niveles 2 o 3.

Nivel 2

Es una *buena práctica* utilizar datos de nivel nacional sobre madera muerta y hojarasca para diferentes categorías de asentamientos, en combinación con valores por defecto, si no se dispone de valores nacionales o regionales respecto a algunas categorías de conversión. Los valores específicos del país para la transferencia de carbono de árboles vivos y hierbas cosechados a residuos de cosecha y las tasas de descomposición, en el caso del Método de ganancias y pérdidas o el cambio neto en los depósitos de DOM, en el caso del Método de diferencia de existencias, pueden derivarse de los factores de expansión nacionales, teniendo en cuenta el tipo de asentamiento, la tasa de utilización de la biomasa, las prácticas de cosecha, y la cantidad de vegetación deteriorada durante las operaciones de cosecha. Los valores específicos del país en cuanto a regímenes de perturbaciones deben derivarse de estudios científicos.

Nivel 3

Las estimaciones de carbono en DOM desagregado a nivel nacional deben determinarse como parte de un inventario nacional, de modelos de nivel nacional o de un programa de inventarios específico para gases de efecto invernadero, con muestreos periódicos según los principios establecidos en el Capítulo 3, Anexo 3A.3.

Los datos del inventario se pueden acompañar de estudios de modelización para capturar la dinámica de todos los depósitos de carbono de los asentamientos.

Los métodos del Nivel 3 permiten obtener estimaciones de mayor certidumbre que los niveles inferiores y se caracterizan por una mejor relación entre los distintos depósitos de carbono. Algunos países han desarrollado matrices de perturbación que dan como resultado una pauta de retribución de carbono entre los distintos depósitos para cada tipo de perturbación. Otros parámetros importantes en la modelización del balance de carbono en DOM son las tasas de descomposición, que pueden variar según el tipo de madera y las condiciones del microclima, y los procedimientos de preparación de la tierra (p. ej., corte y quemado controlados, o quemado de pilas).

8.3.2.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Los datos de la actividad deben ser los mismos que los empleados para la biomasa y descritos en la Sección 8.3.1.3.

Resumen paso a paso del método para estimar cambios en las existencias de DOM

Nivel 1

Paso 1: determinar las categorías de conversión de tierras a emplear en esta evaluación y la superficie representativa de la conversión por año. Los datos de superficie deben obtenerse aplicando los métodos descritos en el Capítulo 3. Los niveles superiores requieren mayor detalle pero el requisito mínimo para que los inventarios resulten coherentes con las *Directrices del IPCC*, cuando se usa el Nivel 1, es que las superficies de conversión de bosques se identifiquen por separado.

Paso 2: para cada categoría de actividad, determinar las existencias de madera muerta y hojarasca (por separado) por hectárea previas a la conversión (véase el Cuadro 2.2 del Capítulo 2 para conocer los valores por defecto).

Paso 3: para cada categoría de actividad, determinar las existencias de madera muerta y hojarasca (por separado) por hectárea previas para el tipo particular de asentamiento. En el Nivel 1, se supone que las existencias de madera muerta y hojarasca después de la conversión equivalen a cero.

Paso 4: calcular el cambio neto en las existencias de madera muerta y hojarasca por hectárea para cada tipo de conversión restando las existencias iniciales de las finales. Un valor negativo indica una pérdida en las existencias (Ecuación 2.23).

Paso 5: convertir el cambio neto de las existencias individuales a en unidades de ton C há^{-1} multiplicando el cambio neto de existencias por la fracción de carbono de esas existencias ($0,40 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1}$ para hojarasca, y $0,50 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1}$ para madera muerta).

Paso 6: multiplicar el cambio neto de cada existencia de C por la superficie convertida durante el año de la declaración.

Niveles 2 y 3

Paso 1: determinar las categorías de conversión de tierras a emplear en esta evaluación y la superficie representativa de la conversión por año. Cuando el cálculo se realice para tierras en la fase de transición, se requiere contar con superficies representativas de cada categoría en las distintas etapas de la conversión. Los niveles superiores requieren mayor detalle, pero el requisito mínimo para que los inventarios sean coherentes con las *Directrices del IPCC* es que la conversión de las superficies forestales se identifique de forma aparte.

Paso 2: Cambios abruptos

- Determinar las categorías de actividad a utilizar en esta evaluación y las superficies representativas. La categoría de la actividad consiste en definiciones del tipo de conversión y, de corresponder, en la naturaleza de la gestión de la previa cobertura terrestre y la gestión de los asentamientos, por ejemplo: «conversión de bosques estacionales tropicales talados en pasturas para ganado con gramíneas exóticas». Los datos de superficie se obtienen empleando los métodos descritos en el Capítulo 3.
- Para cada categoría de actividad, determinar las existencias de madera muerta y hojarasca (por separado) por hectárea, previas a la conversión.
- Para cada categoría de actividad, determinar las existencias de madera muerta y hojarasca (por separado) por hectárea después de transcurrido un año desde la conversión en Asentamientos.

- Calcular el cambio neto en las existencias de madera muerta y hojarasca por hectárea para cada tipo de conversión restando las existencias iniciales de las finales. Un valor negativo indica una pérdida en las existencias.
- Convertir el cambio neto de las existencias individuales a unidades de ton C há^{-1} multiplicando el cambio neto de existencias por la fracción de carbono de esas existencias ($0,40 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1}$ para hojarasca, y $0,50 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1}$ para madera muerta).
- Multiplicar el cambio neto de cada existencia de C por la superficie convertida durante el año de la declaración.

Paso 3: Cambios de la transición

- Determinar las categorías y los cohortes a utilizar en esta evaluación y las superficies representativas. La categoría consta de definiciones del tipo de conversión y, de corresponder, de la naturaleza de la gestión de la previa cobertura terrestre y el tipo de asentamiento. Los datos de superficie deben obtenerse empleando los métodos descritos en el Capítulo 3.
- Determinar la tasa de cambio anual de los depósitos de madera muerta y hojarasca (por separado) por tipo de actividad, aplicando **el Método de ganancias y pérdidas o el Método de diferencia de existencias** (ver más adelante) para cada cohorte de tierras que actualmente se encuentran en su fase de transición entre la conversión y un nuevo sistema de pastizales en régimen constante.
- Determinar las existencias de madera muerta y hojarasca del cohorte durante el año anterior (generalmente tomado del inventario anterior).
- Calcular el cambio en las existencias de madera muerta y hojarasca para cada cohorte sumando la tasa de cambio neta a las existencias del año anterior.
- Convertir el cambio neto de las existencias individuales a unidades de ton C há^{-1} multiplicando el cambio neto de existencias por la fracción de carbono de esas existencias ($0,4 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1}$ para hojarasca, y $0,50 \text{ ton C (ton d.m.)}^{-1}$ para madera muerta).
- Multiplicar el cambio neto de cada existencia de C por la superficie de cada cohorte en el año de la declaración.

Método de pérdidas y ganancias

- Determinar las entradas anuales promedio de madera muerta y hojarasca (por separado).
- Determinar las pérdidas anuales promedio de madera muerta y hojarasca (por separado).
- Determinar la tasa de cambio neto de madera muerta y hojarasca restando las salidas de las entradas.

Método de diferencia de existencias

- Determinar el intervalo temporal del inventario, las existencias promedio de madera muerta y hojarasca en el inventario inicial, y las existencias promedio de madera muerta y hojarasca del inventario final.
- Utilizar estos valores para calcular el cambio neto en las existencias de madera muerta y hojarasca, restando las existencias iniciales de las finales y dividiendo esta diferencia por la cantidad de años transcurridos entre inventarios. Un valor negativo indica una pérdida en las existencias.
- Un método de Nivel 3 requiere factores de expansión específicos del país o de la región. No hay factores de expansión por defecto para el Nivel 2 y deben utilizarse (y documentarse) los mejores datos locales de que se disponga.

8.3.2.4 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

La incertidumbre en el Nivel 1 es la misma que la de las existencias de carbono en la superficie de tierras sujetas a conversión anual. En consecuencia, se supone que los cambios en la DOM equivalen a cero, y no es necesaria la incertidumbre asociada en el Nivel 1 después de la transición inicial. En cuanto a las estimaciones de los Niveles 2 y 3, las fuentes de incertidumbre incluyen el grado de exactitud de las estimaciones de superficie de tierra, el incremento y la pérdida de carbono, las existencias de carbono, la cantidad de carbono quemado, y los términos del factor de expansión. Los datos de superficie y las estimaciones de incertidumbre deben obtenerse empleando los métodos descritos en el Capítulo 3, que suministran incertidumbres por defecto relacionadas con los diferentes métodos. Es factible que las incertidumbres relacionadas con los valores de existencias de carbono y de otros parámetros sean, como mínimo, de un factor de tres, a menos que se disponga de datos específicos del país procedentes de sondeos bien diseñados.

8.3.3 Carbono del suelo

La conversión de tierras en Asentamientos se produce con el desarrollo y la expansión de ciudades y pueblos sobre anteriores Tierras forestales, Tierras de cultivo, Pastizales, Humedales y Otras tierras. Estas conversiones modifican las existencias de C del suelo debido a la perturbación mecánica del suelo; el enterramiento o la recogida en el suelo durante el desarrollo; el tipo y la cantidad de cobertura vegetal; además del nuevo régimen de gestión, en particular con respecto a las aplicaciones de nutrientes y de agua.

Se suministra información general y orientación para estimar los cambios en las existencias de C del suelo (incluidas las ecuaciones) en la Sección 2.3.3 del Capítulo 2. Los cambios totales de las existencias de C del suelo en *Tierras convertidas en asentamientos* se estiman utilizando la Ecuación 2.24, en la que se combinan los cambios en las existencias de C orgánico del suelo para suelos minerales y orgánicos, con los cambios en las existencias asociados con los depósitos de C inorgánico del suelo (Nivel 3 solamente).

A fin de contabilizar los cambios en las existencias de C del suelo relacionados con tierras convertidas en asentamientos, los países deben tener, como mínimo, estimaciones de la superficie de las *Tierras convertidas en asentamientos* durante el período de inventario, estratificadas por región climática y por tipo de suelo. Si se utilizan datos acumulados sobre el uso de la tierra y se desconocen las conversiones específicas entre usos, igualmente se pueden calcular los cambios en las existencias de C del suelo orgánico (SOC) empleando los métodos provistos en *Asentamientos que permanecen como tales*, pero, entonces, probablemente, la superficie de la base territorial va a ser diferente para los asentamientos durante el año actual respecto al año inicial del inventario, y la dinámica de la transición no va a estar tan bien representada. En el Capítulo 3 (Representación coherente de las tierras), se pone énfasis en la importancia de mantener la coherencia en la totalidad de la superficie de tierras.

8.3.3.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

Los inventarios pueden desarrollarse empleando métodos de Niveles 1, 2 o 3; cada uno de los sucesivos Niveles requiere más detalles y recursos que el anterior. También es posible que haya países que utilicen diferentes niveles para preparar estimaciones de cada subcategoría en particular de C del suelo (es decir, en el Nivel 3, se estiman cambios en las existencias de C orgánico en suelos minerales y orgánicos, y cambios de existencias relacionados con depósitos de C inorgánico en el suelo). En la Sección 2.3.3.1 del Capítulo 2, se proporcionan árboles de decisión para suelos minerales (Figura 2.4) y para suelos orgánicos (Figura 2.5) a fin de asistir en la selección de los niveles adecuados.

Suelos minerales

Nivel 1

Los cambios en las existencias de C orgánico del suelo pueden estimarse para la conversión del uso de la tierra en Asentamientos empleando la Ecuación 2.25 del Capítulo 2. Para el Nivel 1, las existencias iniciales (preconversión) de C orgánico del suelo ($SOC_{(0-T)}$) y las existencias de C del último año del período de inventario (SOC_0) se determinan a partir del conjunto en común de existencias de C orgánico del suelo de referencia (SOC_{REF}) y de los factores de cambio de existencias por defecto (F_{LU} , F_{MG} , F_1). Las superficies de roca firme de las Tierras forestales o del uso anterior de la tierra no se incluyen en el cálculo de las existencias de C del suelo (se supone una existencia 0). Las tasas anuales de emisiones (fuente) o absorciones (sumidero) se calculan como la diferencia entre las existencias (con el correr del tiempo) dividida por la dependencia temporal (D) de los factores de cambio de existencias (por defecto, 20 años).

Nivel 2

En el método de Nivel 2 para suelos minerales también se utiliza la Ecuación 2.25 del Capítulo 2, pero se incluyen las existencias de C de referencia específicas del país o la región y/o los factores de cambio de existencias y, posiblemente, datos de la actividad del uso de la tierra y datos ambientales más desagregados. La remoción, la reubicación o el enterramiento del C del suelo durante el desarrollo constituyen aspectos especiales de los asentamientos. En la medida en la que el C del suelo no se descomponga durante la fase de desarrollo y resida a mayor profundidad en el perfil, se traslade a otra zona o, posiblemente, se use como producto básico. Es una *buena práctica* que el factor de cambio de existencias para el Nivel 2 se ajuste para reflejar la reducción en la pérdida de C a la atmósfera como CO_2 .

Nivel 3

Los métodos del Nivel 3 van a incluir modelos más detallados y específicos del país y/o enfoques basados en mediciones, así como datos de uso y gestión de la tierra muy desagregados. Constituye una *buena práctica* que los métodos de Nivel 3 para estimar los cambios de C en el suelo producidos por conversiones en Asentamientos empleen modelos, conjuntos de datos y/o redes de monitorización que sean representativos de la transiciones ocurridas con el tiempo de otros usos de la tierra, incluyendo Tierras forestales, Pastizales, Tierras de cultivo u

otras tierras. Los métodos de Nivel 3 deben integrarse con estimaciones de la remoción de biomasa y el tratamiento de post-desbroce de los residuos vegetales (incluyendo restos leñosos y hojarasca), dado que la variación en la remoción y el tratamiento de desechos (p. ej., quemado, preparación del suelo) va a afectar a las entradas de C a la formación de materia orgánica del suelo y las pérdidas de C por descomposición y combustión. Los modelos deben validarse mediante observaciones independientes a partir de sitios específicos del país o de la región que sean representativos de las interacciones entre el clima, el suelo y el tipo o la gestión forestal referidos a los cambios en las existencias de C del suelo ocurridos después de la conversión.

Suelos orgánicos

Niveles 1 y 2

Las tierras convertidas en Asentamientos en suelos orgánicos dentro del período del inventario se tratan igual que los *Asentamientos que permanecen como tales*. Las pérdidas de carbono se calculan empleando la Ecuación 2.26 del Capítulo 2. En la Sección 8.2.3.1 se brinda orientación adicional sobre los métodos de los Niveles 1 y 2.

Nivel 3

Así como sucede con los suelos minerales, un método del Nivel 3 incluye modelos específicos del país y/o enfoques basados en mediciones, así como datos sobre uso y gestión de la tierra muy desagregados.

8.3.3.2 ELECCIÓN DEL FACTOR DE CAMBIO DE EXISTENCIAS Y DE EMISIÓN

Suelos minerales

Nivel 1

Las existencias de C de referencia por defecto se encuentran en el Cuadro 2.3 del Capítulo 2, y los factores de cambio de existencias para usos previos de la tierra se encuentran en los Capítulos respectivos (para Tierras forestales en la Sección 4.2.3.2, Tierras de Cultivo en 5.2.3.2, Pastizales en 6.2.3.2, y Otras tierras en 9.3.3.2. Los factores de cambio de existencias por defecto para el uso de la tierra después de la conversión (Asentamientos) no son necesarios para el método de Nivel 1 para *Asentamientos que permanecen como tales* porque la hipótesis por defecto es que las entradas son equivalentes a las salidas y, por lo tanto, no se producen cambios netos en las existencias de carbono del suelo una vez establecido el asentamiento. Sin embargo, las conversiones pueden traer aparejados cambios y es una *buena práctica* aplicar las siguientes hipótesis:

- (i) para la proporción de la superficie del asentamiento que se pavimenta, suponer que el producto de F_{LU} , F_{MG} y F_I es 0,8 veces el producto correspondiente al uso previo de la tierra (es decir, el 20% del carbón del suelo correspondiente al uso previo de la tierra se pierde debido a la perturbación, la remoción o la reubicación);
- (ii) para la proporción de la superficie del asentamiento que es césped, usar los valores apropiados para pastizales mejorados del Cuadro 6.2 del Capítulo 6;
- (iii) para la proporción de la superficie del asentamiento que sea suelo cultivado (p. ej., usada para horticultura) usar los valores sin laboreo F_{MG} del Cuadro 5.5 (Capítulo 5) con F_I igual a 1; y
- (iv) para la proporción de la superficie del asentamiento que es leñosa, suponer que todos los factores de cambio de existencias equivalen a 1.

Nivel 2

Probablemente, la estimación de los factores de cambio de existencias específicos del país constituya el desarrollo más importante relacionado con el método de Nivel 2. Las diferencias en existencias de C orgánico en el suelo entre los usos de la tierra se calculan con relación a una condición de referencia, empleando los factores de uso de la tierra (F_{LU}). Entonces, se emplean los factores de ingreso (F_I) y los de gestión (F_{MG}) para definir con más exactitud las existencias de C de las clases de gestión del asentamiento. En la Sección 8.2.3.2, *Asentamientos que permanecen como tales*, se ofrece orientación adicional sobre cómo derivar estos factores de cambio de existencias. Véase la sección que corresponde en cuanto a información específica sobre la derivación de los factores de cambio de existencias para otros sectores de uso de la tierra (Tierras forestales en el Capítulo 4, Tierras de cultivo en el Capítulo 5, Pastizales en el Capítulo 6 y Otras tierras en el Capítulo 9). Las existencias de C de referencia también se pueden derivar de datos específicos del país en un método de Nivel 2 y, naturalmente, deben ser coherentes para todos los usos de la tierra (es decir, Tierras forestales, Tierras de cultivo, Pastizales, Asentamientos y Otras tierras) y, por ende, requieren coordinación entre los distintos equipos a cargo de los inventarios de C del suelo para AFOLU.

Nivel 3

Es menos factible que los factores constantes de tasa de emisión *per se* se estimen a cambio de tasas variables que reproduzcan con más exactitud los efectos del uso y la gestión de la tierra. Para un análisis más pormenorizado, véase la Sección 2.3.3.1 del Capítulo 2.

Suelos orgánicos

Niveles 1 y 2

Las tierras convertidas en Asentamientos en suelos orgánicos dentro del período del inventario se tratan igual que los *Asentamientos que permanecen como tales*. Los factores de emisión para el Nivel 2 se derivan de datos específicos del país o la región; para orientación adicional véase la Sección 8.2.3.2.

Nivel 3

Es menos factible que los factores constantes de tasa de emisión *per se* se estimen a cambio de tasas variables que reproduzcan con más exactitud los efectos del uso y la gestión de la tierra. Para un análisis más pormenorizado, véase la Sección 2.3.3.1 del Capítulo 2.

8.3.3.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Suelos minerales

Niveles 1 y 2

Se requiere conocer la cantidad de tierra convertida en Asentamientos, estratificada por regiones climáticas y tipos de suelo, para estimar las existencias adecuadas en el Nivel 1. Se puede basar en superposiciones de mapas de clima y suelos apropiados, junto con datos espacialmente explícitos en cuanto a la ubicación de las conversiones de las tierras. En el Capítulo 3, se presentan descripciones detalladas de los esquemas de clasificación de climas y de suelos por defecto. A falta de información específica, debe estimarse la superficie pavimentada de los asentamientos por defecto con una proporción del espacio no-verde de la superficie total, empleando el Cuadro 8.3, mientras que el mismo Cuadro se puede usar para dividir la superficie de espacio verde en áreas leñosas y no leñosas. Se puede suponer que estas últimas corresponden a césped, a menos que se disponga de datos sobre la superficie con otro cultivo.

Nivel 3

Para la aplicación de modelos dinámicos y/o de un inventario directo basado en mediciones en el Nivel 3, se requieren datos similares o más detallados de las combinaciones de datos climáticos, de suelos, topográficos y de gestión, aunque los requisitos exactos dependen del diseño del modelo o de la medición.

Suelos orgánicos

Niveles 1 y 2

Las Tierras convertidas en asentamientos en suelos orgánicos dentro del período del inventario se tratan de la misma manera que los *Asentamientos que permanecen como tales*, y la orientación sobre los datos de la actividad se ofrece en la Sección 8.2.3.3.

Nivel 3

Como sucede con los suelos minerales, es factible que los métodos del Nivel 3 requieran datos más detallados de las combinaciones de datos climáticos, de suelos, topográficos y de gestión, en comparación con los métodos de los Niveles 1 o 2, aunque los requisitos exactos dependerán del diseño del modelo o de la medición.

8.3.3.4 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Véase la orientación brindada en la Sección 8.2.3.4.

8.4 EXHAUSTIVIDAD, SERIES TEMPORALES, GC/CC Y GENERACIÓN DE INFORMES

8.4.1 Exhaustividad

En los inventarios de C del suelo, es una *buena práctica* efectuar un seguimiento de los cambios de la superficie total con el correr del tiempo y, si se usa un método de Niveles 2 o 3, en el inventario debe hacerse el seguimiento de las superficies relacionados con las principales clases de gestión (p. ej., césped, bosques urbanos, jardines, áreas de residuos, áreas estériles e infraestructura). El total de la superficie cubierta por la metodología

de inventario para asentamientos es la suma de las tierras de *Asentamientos que permanecen como tales* más las *Tierras convertidas en asentamientos* durante el período de que se trate. Esta metodología de inventario puede no incluir ciertas áreas del asentamiento en las que se considera que las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero son insignificantes o constantes en el tiempo, dado el poco o ningún cambio en la gestión del asentamiento o los cambios insignificantes de las entradas por gestión. Sin embargo, se alienta a los países a efectuar un seguimiento permanente del total de la superficie de tierras de los asentamientos dentro de las fronteras de cada país, y llevar registros transparentes sobre qué porciones se usan para estimar las emisiones y absorciones de dióxido de carbono. En este caso, es una *buena práctica* que los países documenten y expliquen la diferencia entre la superficie que se incluye en los cálculos del inventario y el total de superficie de asentamientos en la base territorial.

8.4.2 Desarrollo de una serie temporal coherente

Para mantener una serie temporal coherente, una *buena práctica* es que los países apliquen los mismos métodos de inventario durante todo el período de declaración, incluyendo las definiciones en cuanto a sistemas de uso de la tierra y asentamientos, la superficie incluida en un inventario de C, y el método de cálculo. Si se realizan cambios, es una *buena práctica* mantener registros transparentes de los cambios y, además, volver a calcular los cambios en las existencias de C durante la totalidad del período de inventario. En el Capítulo 5 del Volumen 1 se brinda orientación sobre cómo re-calcular en tales circunstancias. Las estimaciones y las declaraciones coherentes también requieren definiciones en común de las actividades de gestión, de climas y de tipos de suelos durante la totalidad de la serie temporal del período del inventario.

8.4.3 Garantía de calidad / Control de calidad del inventario

Es una *buena práctica* realizar verificaciones de control de calidad y revisiones de las estimaciones y datos de inventario por parte de expertos externos. Es de esperar que se preste especial atención a las estimaciones específicas del país en cuanto a cambios de existencias y factores de emisión, y se garantice que estén basados en datos de alta calidad y en opiniones de expertos verificables.

En la metodología referida a asentamientos, las verificaciones específicas de GC/CC incluyen:

Asentamientos que permanecen como tales Es una *buena práctica* en lo referido a áreas de asentamientos ser coherentes al declarar los cambios en las existencias de biomasa y de los suelos. Los asentamientos pueden incluir zonas en las que los cambios en las existencias del suelo se contabilizan pero se supone que los cambios de la biomasa equivalen a cero (p. ej., donde la biomasa no-leñosa se encuentra prácticamente ausente), zonas donde tanto las existencias de biomasa como las del suelo están cambiando (p. ej., desarrollo de un parque), y zonas donde no están cambiando ni las existencias de biomasa ni las del suelo (p. ej., infraestructura y áreas estériles). A fin de incrementar la transparencia y de eliminar errores, es una *buena práctica* declarar el total de la superficie de asentamientos estén o no cambiando las existencias.

Tierras convertidas en asentamientos Es de esperar que los totales acumulados de superficie para Asentamientos sean los mismos en las estimaciones de biomasa y de suelos. Mientras que los depósitos de biomasa y de suelos pueden estar desagregados a diferentes niveles de detalle, es una *buena práctica* usar las mismas categorías generales para desagregar los datos de la superficie.

Es de esperar que, respecto a todas las estimaciones de cambios de existencias de C en el suelo, las superficies totales sean las mismas para cada combinación de tipos de clima y de suelo en el año inicial del inventario ($\text{año}_{(0-T)}$) y en el último ($\text{año}_{(0)}$), a menos que se haya demostrado que cierta porción de la base territorial se ha incorporado a otro sector de uso de la tierra o de otro sector. Por último, la suma de toda la base territorial de un país, que incluye cada sector, debe mantenerse igual todos los años durante el período de inventario.

8.4.4 Generación de informes y documentación

Es una *buena práctica* mantener y archivar toda la información utilizada para producir las estimaciones del inventario nacional, incluyendo: (i) fuentes de datos, bases de datos, fuentes de datos de la información utilizada para estimar los factores específicos del país, así como los procedimientos aplicados para estimar factores; (ii) datos de la actividad y definiciones empleados para categorizar o acumular los datos de la actividad; y (iii) las clasificaciones por regiones climáticas y tipos de suelos (para Niveles 1 y 2) deben estar claramente documentadas. En cuanto a los métodos de Nivel 3 en que se utiliza modelización es una *buena práctica*

documentar la versión del modelo y suministrar una descripción de éste, así como archivar permanentemente copias de todos los archivos de entrada del modelo, códigos fuente y programas ejecutables.

Cuadros y hojas de trabajo para generación de informes

Las categorías descritas en este Capítulo pueden declararse empleando los cuadros para generación de informes del Volumen 1, Capítulo 8. Las estimaciones de la categoría Asentamientos pueden compararse con las categorías de declaraciones de las *Directrices del IPCC* de la siguiente manera:

- Emisiones y absorciones de dióxido de carbono en biomasa leñosa de *Asentamientos que permanecen como tales* con la categoría 5A de las declaraciones del IPCC y *Tierras convertidas en asentamientos* en la categoría 5B de la declaración del IPCC; y las categorías 4E Y 4F de la declaración del IPCC para gases no-CO₂;
- Emisiones y absorciones de dióxido de carbono en suelos de *Asentamientos que permanecen como tales* con las categorías 5D y 5E de la declaración del IPCC para CO₂, y la categoría 4D de la declaración del IPCC para gases no-CO₂; y
- Emisiones y absorciones de dióxido de carbono producidas por conversiones de uso de la tierra a Asentamientos con la categoría 5B de las declaraciones del IPCC para biomasa, categorías 5D y 5E de las declaraciones del IPCC para suelos; y categorías 4D, 4E y 4F de declaraciones del IPCC para gases no-CO₂.

En el Anexo 1 se presentan hojas de trabajo para calcular las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero (métodos del Nivel 1) para Asentamientos.

8.5 BASE PARA SU FUTURO DESARROLLO METODOLÓGICO

Existen vacíos en esta metodología porque no se dispone de datos suficientes para cuantificar todos los depósitos y flujos de gases de efecto invernadero de los asentamientos. Entre los vacíos obvios se incluyen:

- Metodología para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero no-CO₂ (N₂O y CH₄);
- Metodología detallada para contabilizar las existencias de carbono no relacionadas con biomasa viva ni con los suelos (específicamente, madera muerta y hojarasca);
- Análisis de las existencias y los flujos de carbono resultantes del césped y de su gestión;
- Análisis de las existencias y los flujos de carbono de plantas de jardín y otras herbáceas; y
- Una metodología general para contabilizar las distintas clases de asentamientos, con diferentes cantidades de vegetación leñosa y no leñosa y diferentes tipos de gestión.

Gases de efecto invernadero no-CO₂ Aunque existen pruebas que fundamentan la idea de que, en las áreas urbanas, se pueden mejorar los flujos de óxido nitroso con respecto a su condición original (Kaye *et al.*, 2004), es factible que este resultado dependa de dicha condición autóctona (es decir, del clima y de la región en que esté ubicado el asentamiento) y del régimen de gestión que se aplique habitualmente en esa zona poblada. Se requiere contar con información adicional antes de que se puedan sacar conclusiones respecto al impacto de los asentamientos sobre los flujos de gases de efecto invernadero no-CO₂.

Madera muerta y hojarasca. La madera muerta es una clase de composición diversa que incluye ramas o árboles caídos o podados, o árboles muertos en pie que aún no han sido reemplazados por ejemplares vivos. Esta madera muerta puede quemarse o eliminarse como desecho sólido, usarse para la fabricación de *compost* o dejarse descomponer en el sitio o fuera de él. En esta metodología este material se trata como una pérdida del término biomasa viva. Puesto que es factible que la madera muerta se quite de los asentamientos (y no que se la deje en el sitio para que se descomponga, como sucede en los bosques), en una metodología a desarrollarse en el futuro, se podría tener en cuenta la proporción de madera muerta llevada a rellenos sanitarios, eliminada en pilas de *compost*, quemada o dejada en el sitio para que se descomponga. La porción llevada a rellenos sanitarios o a *compost* podría tratarse como productos de madera recolectada (PMR) o como desecho; cualquiera de los dos casos se tratan en otras secciones de estas *Directrices*.

El césped y su gestión. La biomasa del césped incluye raíces, rastrojo, paja y componentes aéreos. Aunque se han publicado estimaciones respecto a la productividad del césped ((Falk, 1976; Falk, 1980; Qian *et al.*, 2003), la hierba se descompone rápidamente y hay poca información sobre la acumulación total de biomasa en los componentes de larga vida de la biomasa del césped. Además, la asignación del césped a los componentes aéreos y subterráneos depende de la gestión y del régimen de segado. Dada la falta de información generalizable sobre este particular, así como la falta de datos de la actividad en la que se cuantifique la tierra cubierta por césped en los asentamientos, actualmente no se dispone de una metodología detallada que describa al carbono

removido por los sistemas de césped. Una metodología más detallada requeriría información adicional sobre la productividad del césped, su rotación, y la asignación a diferentes componentes vegetales a medida que varía con el régimen de gestión. Naturalmente, los datos de la actividad requeridos para la aplicación de estas metodologías incluyen información sobre regímenes de gestión y la proporción de asentamientos cubiertos con césped.

Plantas de jardín y otras herbáceas. En una situación similar a la del césped, no hay información que describa la acumulación anual de biomasa y la asignación de las plantas de jardín a diferentes partes aéreas y subterráneas. De manera similar, tampoco hay información disponible que describa la variación en la productividad vegetal según el régimen de gestión. Los datos de la actividad requeridos para aplicar una metodología más detallada incluirían información respecto a los regímenes de gestión y a la proporción de la superficie del asentamiento cubierta por este tipo de vegetación. Se trata principalmente de plantas de jardín, de manera que su muestreo en jardines privados implica el problema adicional de su posible perturbación y la consiguiente negación del acceso a ellas (cf. Jo y McPherson, 1995).

Clases de tierras. Para el desarrollo de una metodología más detallada sería ventajoso contar con un conjunto de definiciones coherentes de clases de tierra *dentro* de los asentamientos que se pudieran aplicar a cualquier país, independientemente de su clima, su vegetación autóctona o su típico régimen de asentamientos. Esto haría que los asentamientos se tornaran paralelos a otros usos —Tierras forestales, Pastizales, Tierras de cultivo, Humedales— que se definen fácilmente sobre la base de un conjunto de parámetros mensurables y objetivos. Se ha realizado algo de investigación con tal propósito (Theobald, 2004), pero las clasificaciones actuales son incoherentes. Por ejemplo, mientras la tasa de secuestro de carbono por unidad de cobertura de copas arbóreas es bastante coherente, la tasa general de almacenamiento de carbono por unidad de superficie de asentamientos depende en su totalidad de las cantidades relativas de cobertura arbórea y de césped dentro del emplazamiento. Esta clasificación de la tierra sería parte del conjunto de datos de la actividad recabados por los países, y la metodología detallada podría desarrollarse y aplicarse coherentemente sobre la base de esos datos de cobertura de la tierra. Este tipo de clasificación del uso de la tierra también permitiría que los países contabilizaran los cambios en el almacenamiento de carbono que se producen debido a los cambios de gestión dentro de las áreas clasificadas en general como asentamientos. Por ejemplo, cuando se desarrollan parcelas vacantes, la vegetación adventicia que permanece en las superficies no construidas podría ser reemplazada por especies paisajísticas que difieren en su habilidad para almacenar carbono.

Referencias

- Akbari, H. (2002). Shade trees reduce building energy use and CO₂ emissions from power plants. *Environmental Pollution* **116**:S119-S124.
- Armentano, T.V. and Menges, E.S. (1986). Patterns of change in the carbon balance of organic soil-wetlands of the temperate zone. *Journal of Ecology* **74**:755-774. 1986.
- Brack, C.L. (2002). Pollution mitigation and carbon sequestration by an urban forest. *Environmental Pollution* **116**:S195-S200.
- Cairns, M.A., Brown, S., Helmer, E.H. and Baumgardner, G.A. (1997). Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia* **111**:1-11.
- Crane, P. and Kinzig, A. (2005). Nature in the metropolis. *Science* **308**:1225-1225.
- Elvidge, C.D., Milesi, C., Dietz, J.B., Tuttle, B.T., Sutton, P.C., Nemani, R. and Vogelmann, J.E. (2004). U.S. constructed area approaches the size of Ohio. *EOS - Transactions of the American Geophysical Union* **85**:233-234.
- Falk, J. (1980). The primary productivity of lawns in a temperate environment. *Journal of Applied Ecology* **17**:689-696.
- Falk, J.H. (1976). Energetics of a suburban lawn ecosystem. *Ecology* **57**:141-150.
- Gallo, K.P., Elvidge, C.D., Yang, L. and Reed, B.C. (2004). Trends in night-time city lights and vegetation indices associated with urbanization within the conterminous USA. *International Journal Of Remote Sensing* **25**:2003-2007.
- Goldman, M.B., Groffman, P.M., Pouyat, R.V., McDonnell, M.J. and Pickett, S.T.A. (1995). CH₄ uptake and N availability in forest soils along an urban to rural gradient. *Soil Biology and Biochemistry* **27**:281-286.
- Gregg, J.W., Jones, C.G. and Dawson, T.E. (2003). Urbanization effects on tree growth in the vicinity of New York City. *Nature* **424**:183-187.
- Idso, C., Idso, S. and Balling, R.J. (1998). The urban CO₂ dome of Phoenix, Arizona. *Physical Geography* **19**:95-108.
- Idso, C., Idso, S. and Balling, R.J. (2001). An intensive two-week study of an urban CO₂ dome. *Atmospheric Environment* **35**:995-1000.
- Imhoff, M., Tucker, C., Lawrence, W. and Stutzer, D. (2000). The use of multisource satellite and geospatial data to study the effect of urbanization on primary productivity in the United States. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* **38**:2549-2556.
- IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories. Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Tréanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. Callander B.A. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA, Paris, France.
- IPCC (2003). Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Penman J., Gytarsky M., Hiraishi T., Krug, T., Kruger D., Pipatti R., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K., Wagner F. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/IGES, Hayama, Japan.
- Jenkins, J., Chojnacky, D., Heath, L. and Birdsey, R. (2004). Comprehensive database of diameter-based biomass regressions for North American tree species. General Technical Report NE-, USDA Forest Service Northeastern Research Station, Newtown Square, PA.
- Jo, H. (2002). Impacts of urban greenspace on offsetting carbon emissions for middle Korea. *Journal of Environmental Management* **64**:115-126.
- Jo, H. and McPherson, E. (1995). Carbon storage and flux in urban residential greenspace. *Journal of Environmental Management* **45**:109-133.
- Kaye, J., Burke, I., Mosier, A. and Guerschman, J. (2004). Methane and nitrous oxide fluxes from urban soils to the atmosphere. *Ecological Applications* **14**:975-981.
- Kaye, J.P., McCulley, R.L. and Burke, I.C. (2005). Carbon fluxes, nitrogen cycling, and soil microbial communities in adjacent urban, native and agricultural ecosystems. *Global Change Biology* **11**:575-587.
- Koerner, B., and Klopatek, J. (2002). Anthropogenic and natural CO₂ emission sources in an arid urban environment. *Environmental Pollution* **116**:S45-S51.
- Kuchler, A. (1969). Potential natural vegetation. US Geological Survey Map, Sheet 90, Washington, DC.

- Milesi, C., Elvidge, C.D., Nemani, R.R., and Running, S.W. (2003). Assessing the impact of urban land development on net primary productivity in the southeastern United States. *Remote Sensing Of Environment* **86**:401-410.
- Nowak, D. (1996). Estimating leaf area and leaf biomass of open-grown deciduous urban trees. *Forest Science* **42**:504-507.
- Nowak, D. and Crane, D. (2002). Carbon storage and sequestration by urban trees in the United States. *Environmental Pollution* **116**:381-389.
- Nowak, D., Crane, D.E., Stevens, J.C. and Ibarra, M. (2002). Brooklyn's urban forest. General Technical Report NE-290, USDA Forest Service Northeastern Research Station, Newtown Square, PA.
- Nowak, D.J., Rowntree, R.A., McPherson, E.G., Sisinni, S.M., Kerkmann, E.R. and Stevens, J.C. (1996). Measuring and analyzing urban tree cover. *Landscape and Urban Planning* **36**:49-57.
- Pouyat, R. and Carreiro, M. (2003). Controls on mass loss and nitrogen dynamics of oak leaf litter along an urban-rural land-use gradient. *Oecologia* **135**:288-298.
- Pouyat, R., Groffman, P., Yesilonis, I. and Hernandez, L. (2002). Soil carbon pools and fluxes in urban ecosystems. *Environmental Pollution* **116**:S107-S118.
- Pouyat, R.V., McDonnell, M.J. and Pickett, S.T.A. (1995). Soil characteristics of oak stands along an urban-rural land-use gradient. *Journal of Environmental Quality* **24**:516-526.
- Qian, Y., Bandaranayake, W., Parton, W., Mecham, B., Harivandi, M. and Mosier, A. (2003). Long-term effects of clipping and nitrogen management in turfgrass on soil organic carbon and nitrogen dynamics: The CENTURY model simulation. *Journal of Environmental Quality* **32**:1695-1700.
- Qian, Y. and Follett, R. (2002). Assessing soil carbon sequestration in turfgrass systems using long-term soil testing data. *Agronomy Journal* **94**:930-935.
- Raturi, S., Islam, K.R., Carroll, M.J. and Hill, R.L. (2004). Thatch and soil characteristics of cool- and warm-season turfgrasses. *Communications In Soil Science And Plant Analysis* **35**:2161-2176.
- Smith, W.B. and Brand, G.J. (1983). Allometric biomass equations for 98 species of herbs, shrubs, and small trees. Research Note NC-299, USDA Forest Service North Central Forest Experiment Station, St. Paul, MN.
- Theobald, D.M. (2004). Placing exurban land-use change in a human modification framework. *Frontiers in Ecology and the Environment* **2**:139-144.

CAPÍTULO 9

OTRAS TIERRAS

Autores

Jennifer C. Jenkins (Estados Unidos), Hector D. Ginzo (Argentina) y Stephen Ogle (Estados Unidos)

Índice

9	Otras tierras	
9.1	Introducción	9.4
9.2	Otras tierras que permanecen como tales	9.4
9.3	Tierras convertidas en otras tierras	9.4
9.3.1	Biomasa	9.4
9.3.1.1	Elección del método	9.5
9.3.1.2	Elección de los factores de emisión/absorción	9.5
9.3.1.3	Elección de los datos de la actividad	9.6
9.3.1.4	Evaluación de incertidumbre	9.6
9.3.2	Materia orgánica muerta	9.7
9.3.3	Carbono del suelo	9.7
9.3.3.1	Elección del método	9.7
9.3.3.2	Elección de los factores de cambio de existencias y de emisión	9.8
9.3.3.3	Elección de los datos de la actividad	9.8
9.3.3.4	Evaluación de incertidumbre	9.9
9.1	Exhaustividad, series temporales, GC/CC y generación de informes	9.10

9 OTRAS TIERRAS

9.1 INTRODUCCIÓN

En el Capítulo 3 de este Volumen, se define a Otras tierras como aquéllas que incluyen zonas de suelo desnudo, roca, hielo, además de todas las zonas de tierras que no pertenecen a las otras cinco categorías de uso de la tierra comprendidas en los Capítulos 4 a 8. A menudo, las Otras tierras no están gestionadas y, en ese caso, no se estiman los cambios en las existencias de carbono ni en las emisiones ni absorciones de no-CO₂. Se brinda orientación para el caso de *Tierras convertidas en otras tierras*. Ello se debe a que la conversión se relaciona con los cambios en las existencias de carbono o en las emisiones de no-CO₂ y, fundamentalmente, en las relacionadas con conversiones de Tierras forestales. Las emisiones y absorciones de esta tierra continúan estimándose sobre la base de la conversión, como se describe más adelante. Asimismo, la inclusión permite verificar la coherencia general de superficie territorial y seguirle la pista a las conversiones hacia y desde Otras tierras.

9.2 OTRAS TIERRAS QUE PERMANECEN COMO TALES

Las emisiones y absorciones en *Tierras convertidas en otras tierras* se estiman empleando los métodos descritos más adelante, donde también están cubiertas las tierras que permanecen como Otras tierras después de la conversión. Todas las superficies de *Otras tierras que permanecen como tales* deben incluirse en la matriz de cambios en el uso de la tierra según lo descrito en el Capítulo 3, como forma de verificación de la superficie total. Por supuesto, las emisiones de las tierras convertidas en suelo desnudo como resultado de los asentamientos deben incluirse en la categoría de uso del suelo Asentamientos (véase el Capítulo 8, Asentamientos).

9.3 TIERRAS CONVERTIDAS EN OTRAS TIERRAS

En esta sección se brinda orientación sobre los métodos para estimar los cambios en las existencias de carbono en *Tierras convertidas en otras tierras*. Por lo general, es poco factible que ésta sea una categoría principal, si es que se produce, aunque la tierra puede convertirse en Otras tierras, por ejemplo, a resultas de la deforestación y de una subsiguiente degradación severa, liberación de existencias de carbono y las respectivas emisiones. En la Figura 1.3 del Capítulo 1 se encuentra el árbol de decisión que se puede emplear para identificar el nivel apropiado para *Tierras convertidas en otras tierras*.

La ecuación fundamental para estimar los cambios en las existencias de carbono relacionados con conversiones en el uso de la tierra se presentó en la Sección 2.3.1.2 del Capítulo 2. Este método básico puede aplicarse para estimar los cambios en las existencias de carbono de Tierras forestales, Tierras de cultivo, Pastizales, Humedales y Asentamientos convertidos en Otras tierras. Se suministran agregados al método para el subsiguiente tratamiento de estas superficies de terreno después del período de transición a la categoría Otras tierras.

9.3.1 Biomasa

El método requiere estimaciones del carbono en las existencias de biomasa previas a la conversión, sobre la base de estimaciones de las superficies de tierra convertidas durante el período entre sondeos del uso de la tierra. Como resultado de la conversión en Otras tierras, se supone que la vegetación dominante se elimina por completo, lo que elimina todo el carbono remanente en la biomasa después de la conversión. La diferencia entre los depósitos inicial y final de carbono en biomasa se utiliza para calcular los cambios en las existencias de carbono debidos a la conversión en el uso de la tierra. En los años subsiguientes, se considera que las acumulaciones y pérdidas en biomasa viva de las Otras tierras equivalen a cero. La Figura 2.2 muestra el árbol de decisiones para la identificación del nivel apropiado para estimar cambios en las existencias de carbono de biomasa.

9.3.1.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

En el método básico (Ecuación 2.16 del Capítulo 2) se resume cómo estimar los cambios en las existencias de carbono de la biomasa en *Tierras convertidas en Otras tierras*. Se estima que el cambio promedio de las existencias de carbono sobre la base de la superficie equivale al cambio en las existencias de carbono debido a la remoción de biomasa viva de los usos de la tierra iniciales.

Nivel 1

El método de Nivel 1 sigue el enfoque de la Ecuación 2.16 del Capítulo 2, donde se estima la cantidad de biomasa aérea que se extrae multiplicando la superficie (p. ej., la superficie forestal) que se convierte anualmente en Otras tierras por el contenido de carbono promedio de la biomasa de la tierra previo a la conversión (B_{ANTES}). En este caso, el término $B_{\text{DESPUÉS}}$ de la Ecuación 2.16 se fija en cero por defecto. En el cálculo del Nivel 1 la hipótesis por defecto es que todo el carbono de la biomasa (menos los productos de madera recolectada sacados de la zona) se libera a la atmósfera inmediatamente (es decir, durante el primer año después de la conversión) mediante procesos de descomposición en el sitio o fuera de él.

Nivel 2

Se puede desarrollar y utilizar un método de Nivel 2 si se tiene acceso a datos específicos del país referidos a las existencias de carbono previas a la conversión en Otras tierras (es decir, B_{ANTES} en la Ecuación 2.16). $B_{\text{DESPUÉS}}$ queda en cero. Además, bajo el Nivel 2, las pérdidas de carbono pueden prorratearse a procesos de conversión específicos, como el quemado o la cosecha. Esto permite realizar una estimación más exacta de las emisiones de gases de efecto invernadero no- CO_2 . A veces, una parte de la biomasa retirada se utiliza como producto maderero o como madera combustible. En el Capítulo 2, Sección 2.4, se presenta el método básico para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero no- CO_2 producidas por el quemado de biomasa. En el Capítulo 12 se brinda orientación en cuanto a técnicas de estimación para carbono almacenado en productos de madera recolectada.

Nivel 3

Un método de Nivel 3 requiere datos/información más detallados que uno del Nivel 2, a saber:

- Se utilizan superficies desagregadas con referencia geográfica que se convierten anualmente para cada uso de la tierra convertido en Otras tierras.
- Las densidades del carbono se basan en información específica local; y
- Los valores de existencias de biomasa se basan en inventarios y/o en estimaciones mediante modelos.
- Donde se dispone de datos, se puede usar el Nivel 3 para efectuar un seguimiento de la conducta dinámica de las existencias de carbono y de las emisiones de gases de efecto invernadero que siguen a la conversión. Generalmente, donde la tierra se conserva en un estado libre de vegetación (debido a una severa degradación), hay una permanente disminución de las existencias de carbono. Si éste no es el caso, los países deben considerar si la tierra debe clasificarse bajo otra categoría de uso de la tierra, como se indica en el Capítulo 3.

9.3.1.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN/ABSORCIÓN

Nivel 1

Se suministran parámetros por defecto para existencias de biomasa previas a la conversión, a fin de permitir que los países con recursos de datos limitados puedan estimar las emisiones y absorciones de esta fuente. El método requiere la estimación de las existencias de carbono previas a la conversión para el uso inicial de la tierra (B_{ANTES}) y supone que las existencias de carbono posteriores a la conversión ($B_{\text{DESPUÉS}}$) equivalen a cero. Para estimar las existencias de carbono previas a la conversión, se pueden utilizar los Cuadros provistos en los Capítulos 4, 5, 6, 7 y 8 de este informe, en cuanto al volumen promedio de biomasa aérea y a la relación biomasa subterránea / biomasa aérea en diferentes usos de la tierra.

Nivel 2

El método del Nivel 2 requiere información específica del país, la que se puede obtener, por ejemplo, a través de estudios sistemáticos de las existencias de carbono en la biomasa de las diversas categorías de uso de la tierra. Los valores de existencias de carbono por defecto mencionados antes se pueden aplicar a algunos parámetros en un método del Nivel 2. Los parámetros por defecto para emisiones del quemado de biomasa se encuentran en el

Capítulo 2, Sección 2.4. No obstante, se alienta a los compiladores del inventario a desarrollar coeficientes específicos del país para mejorar la exactitud de las estimaciones. B_{DESPUÉS} se ajusta en cero.

Nivel 3

Bajo el Nivel 3, todos los parámetros del modelo deben ser específicos del país y a nivel desagregado, y/o deben usarse existencias en biomasa derivadas de los inventarios periódicos.

9.3.1.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Todos los niveles requieren la estimación de la superficie de tierra convertida en Otras tierras durante un lapso que sea coherente con los sondeos del uso de la tierra y con el período utilizado para conversiones en la matriz de cambios en el uso de la tierra. En el Capítulo 3 se ofrece orientación sobre el uso de distintos tipos de datos que representan la tierra, de manera que se los pueda aplicar lo más apropiada y coherentemente posible en los cálculos de inventario. Las mismas estimaciones de superficie agregadas deben usarse tanto para la biomasa como para el suelo en los cálculos de cambios en las existencias de carbono de tierras convertidas en Otras tierras. Como se describe a continuación, los niveles superiores requieren mayor especificidad en las superficies.

Nivel 1

Para un método de Nivel 1, se requieren datos de la actividad sobre superficies de distintas categorías de uso de la tierra convertidas en Otras tierras. Si los países no cuentan con estos datos, se pueden extrapolar muestras parciales a la totalidad de la base territorial o estimaciones históricas de conversiones a nivel temporal sobre la base del dictamen de expertos. Las zonas forestales convertidas en Otras tierras son de particular importancia.

Nivel 2

Bajo el Nivel 2, los compiladores del inventario deben utilizar estimaciones de superficie real respecto a las transiciones de las distintas categorías de uso de la tierra a Otras tierras. Se puede lograr una cobertura total de todas las superficies de tierra ya sea mediante el análisis de imágenes remotas obtenidas periódicamente de las pautas de uso y cobertura de la tierra, a través de muestreos periódicos en el terreno de las pautas de uso de la tierra, o aplicando sistemas de inventario híbridos (en el Capítulo 3, Anexo 3A.3, se brinda orientación sobre el muestreo).

Nivel 3

Los datos de la actividad utilizados deben permitir la contabilización total de todas las transiciones de categorías de uso de la tierra a Otras tierras y deben estar desagregados para tener en cuenta las diferentes condiciones dentro de un país. La desagregación puede ser por fronteras políticas (condado, provincia, etc.), bioma, clima o una combinación de estos parámetros. En muchos casos, es posible que se disponga de información sobre tendencias de varios años en conversión de la tierra (de inventarios del uso de la tierra y su cobertura obtenidos de inventarios basados en muestreos o por detección remota).

9.3.1.4 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Nivel 1

Bajo el Nivel 1, las fuentes de incertidumbre son el uso de promedios mundiales o nacionales de existencias de carbono en biomasa de Tierras forestales u Otras tierras antes de la conversión, y estimaciones groseras de superficies convertidas a Otras Tierras. Las superficies deben estimarse empleando los métodos delineados en el Capítulo 3. Las existencias de carbono tienen las incertidumbres relacionadas con su estimación en la sección respectiva de las Directrices. A falta de otras estimaciones, se puede suponer un nivel de incertidumbre por defecto de $\pm 75\%$ de la emisión media de CO₂ estimada.

Nivel 2

Las estimaciones de la superficie real de *Tierras convertidas en Otras tierras* facilitan una contabilización más transparente y permiten a los expertos identificar vacíos y cálculos dobles de superficies de tierras. En el método de Nivel 2 se emplean, como mínimo, valores específicos del país, lo que mejora la exactitud de las estimaciones, siempre que esos valores sean los que mejor representen las condiciones que corresponden al país. Cuando se desarrollan valores específicos del país, los compiladores del inventario deben utilizar suficientes tamaños de muestras y técnicas para minimizar los errores estándar. Se pueden derivar funciones de densidad de probabilidad (es decir, suministrar estimaciones de medias y de varianza) para todos los parámetros definidos para el país. Estos datos se pueden emplear en análisis más avanzados de incertidumbre, como las simulaciones de Monte Carlo. Véase el Volumen 1, Capítulo 3 de este informe para una orientación sobre cómo desarrollar

esos análisis. Como mínimo, los métodos de Nivel 2 deben suministrar rangos de error para cada uno de los parámetros específicos del país.

Nivel 3

Los datos de la actividad deben servir de base para asignar estimaciones de incertidumbre a superficies relacionadas con conversión de la tierra. Para combinar factores de emisión/absorción y datos de la actividad, así como sus respectivas incertidumbres, se puede utilizar procedimientos de Monte Carlo a fin de estimar medias e intervalos de confianza para la totalidad del inventario.

9.3.2 Materia orgánica muerta

Niveles 1 y 2

En los Niveles 1 y 2, se supone que no queda carbono en la biomasa ni en la materia orgánica muerta después de la conversión en Otras tierras. Se supone que todas las existencias de carbono en biomasa se emiten durante el año de la conversión, por lo que no hay acumulación de existencias de DOM. Bajo el Nivel 1, no se estima la DOM de las distintas categorías de uso de la tierra y, por ende, no hay que estimar emisiones ni absorciones por parte de sumideros relacionados con la DOM con conversiones en Otras tierras. Bajo el Nivel 2, si los países estiman las existencias de DOM para categorías de uso de la tierra sujetas a conversión en Otras tierras, entonces (como sucede con la biomasa), se supone que toda la DOM se va a emitir en el año de la conversión en Otras tierras.

Nivel 3

En el Nivel 3, las emisiones deben incorporar datos específicos del país respecto a la DOM.

9.3.3 Carbono del suelo

En cuanto las *Tierras convertidas en Otras tierras*, los compiladores del inventario deben estimar los cambios en las existencias de carbono en suelos minerales bajo el uso inicial de la tierra con respecto a otras tierras. La conversión de las tierras en Otras tierras trae aparejada una liberación de carbono orgánicos previamente contenido en el suelo, si la conversión es en superficies impermeables, como la roca desnuda.

Se suministran información general y orientación sobre cómo estimar cambios en las existencias de C del suelo en la Sección 2.3.3 del Capítulo 2 (incluyendo ecuaciones) y deben revisarse antes de continuar el análisis de las directrices específicas que se señalan a continuación. El cambio total de las existencias de C del suelo en las tierras convertidas en Otras tierras se estima utilizando la Ecuación 2.24 para el cambio en las existencias de C orgánico del suelo para suelos minerales y suelos orgánicos, y los cambios en las existencias están asociados con los depósitos de C inorgánico del suelo (solamente en el Nivel 3). En esta sección se brinda orientación específica para estimar los cambios en las existencias de C orgánico del suelo mineral. Se supone que los cambios en las existencias de los suelos orgánicos son mínimos porque es poco factible que haya drenaje en «Otras Tierras». No obstante, en la Sección 2.3.3 (Capítulo 2), se presentan métodos para estimar cambios de las existencias en suelos orgánicos, además de las del C inorgánico del suelo.

9.3.3.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

Los inventarios se pueden desarrollar empleando métodos de Niveles 1, 2 o 3, en los que cada uno de los sucesivos niveles requiere más detalles y recursos que el anterior. Se proporcionan árboles de decisión para suelos minerales (Figura 2.4, Capítulo 2) a fin de asistir a los compiladores del inventario en la selección del nivel adecuado. El método de Nivel 1 implica que las existencias de carbono del suelo se van a reducir a cero después de la conversión. Si no fuera el caso, probablemente la tierra debe clasificarse bajo uno de los usos de Otras tierras. En cuanto al Nivel 2, deben utilizarse estimaciones específicas del país para existencias de C en tierras que se han convertido en Otras tierras o se puede realizar un seguimiento de la dinámica de las existencias de carbono en el Nivel 3, empleando datos específicos del país.

Suelos minerales

Nivel 1

Utilizando la Ecuación 2.25 del Capítulo 2, el cambio en las existencias de C orgánico del suelo puede estimarse para suelos minerales contabilizando el impacto de la conversión en Otras tierras. Las tasas anuales de emisiones (fuente) o absorciones (sumidero) se estiman sobre la base de la diferencia entre las existencias (con el

correr del tiempo) del año inicial y del último, dividida por la dependencia temporal de los factores de cambio de existencias (D , por defecto, 20 años).

Nivel 2

En el método de Nivel 2 para suelos minerales también se utiliza la Ecuación 2.25, pero se incluyen las existencias de C de referencia específicas del país o la región y/o los factores de cambio de existencias y datos de la actividad en el uso de la tierra y datos ambientales más desagregados.

Nivel 3

Los métodos del Nivel 3 van a incluir modelos más detallados y específicos del país y/o enfoques basados en mediciones, así como datos de uso y gestión de la tierra muy desagregados. Constituye una *buena práctica* que los métodos de Nivel 3 para estimar los cambios de C en el suelo producidos por conversiones en Otras tierras empleen modelos, conjuntos de datos y/o redes de monitorización representativos de la transiciones ocurridas con el tiempo de otros usos de la tierra, incluyendo Tierras forestales, Pastizales, Tierras de cultivo y, posiblemente, Asentamientos. Siempre que resulte posible, los métodos de Nivel 3 deben integrarse con estimaciones de la remoción de biomasa y el tratamiento de post-desbroce de los residuos vegetales (incluyendo restos leñosos y hojarasca), dado que la variación en la remoción y el tratamiento de residuos (p. ej., quemado, preparación del suelo) va a afectar a las entradas de C a la formación de materia orgánica del suelo y las pérdidas de C por descomposición y combustión.

9.3.3.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE CAMBIO DE EXISTENCIAS Y DE EMISIÓN

Suelos minerales

Nivel 1

Las existencias iniciales (pre-conversión) de C orgánico del suelo ($SOC_{(0-T)}$) se calculan a partir de las existencias de C orgánico del suelo de referencia (SOC_{REF}), por defecto, y del factor de cambio de existencias para sistemas de uso de la tierra (F_{LU}). Se supone que las existencias de C de referencia al final del período de transición por defecto de 20 años equivalen a cero. Véase la sección que corresponde en cuanto a información específica sobre la derivación de los factores de cambio de existencias pre-conversión para otros sectores de uso de la tierra (Tierras forestales en la Sección 4.2.3.2, Tierras de cultivo 5.2.3.2, Pastizales 6.2.3.2, y Asentamientos en 8.2.3.2).

Nivel 2

Se puede aplicar un método de Nivel 2 en el que se emplean datos específicos del país para derivar existencias de C y factores de cambio de existencias de referencia ($SOC_{(0-T)}$, F_{LU} , F_{MG} , F_i) que representen mejor las condiciones en los distintos tipos de Otras tierras. También se pueden aplicar existencias de referencia específicas del país al final del período de 20 años. A continuación, las emisiones y absorciones se ajustan a cero. Véase la sección que corresponde en cuanto a información específica sobre la derivación de los factores de cambio de existencias pre-conversión para otros sectores de uso de la tierra (Tierras forestales en la Sección 4.2.3.2, Tierras de cultivo 5.2.3.2, Pastizales 6.2.3.2, y Asentamientos en 8.2.3.2).

Los valores de referencia deben ser coherentes para todos los usos de la tierra (es decir, Tierras forestales, Tierras de cultivo, Pastizales, Asentamientos y Otras tierras) lo que requiere coordinación entre los distintos equipos a cargo de los inventarios de C del suelo para AFOLU.

Nivel 3

Se determinan los parámetros modelo empleando datos específicos del país o mediciones de existencias en el suelo; empleando inventarios de suelos con muestreos representativos según se establece en el Capítulo 3.

9.3.3.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Suelos minerales

Niveles 1 y 2

A los efectos de estimar los cambios en las existencias de carbono en el suelo, las estimaciones de superficie de conversiones de uso de la tierra en Otras tierras deben estratificarse según regiones climáticas y tipos de suelos principales. Si esta información aún no se ha compilado, un método inicial sería superponer mapas disponibles de cobertura/uso de la tierra (de origen nacional o de conjuntos de datos mundiales como el IGBP_DIS) con

mapas de suelo y clima de origen nacional o de fuentes internacionales, como los Mapas del Suelos del Mundo de la FAO y datos climáticos del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. En el Capítulo 3, se suministran descripciones detalladas de los esquemas de clasificación de clima y suelos por defecto. Los tipos de suelo se clasifican sobre la base de la descripción taxonómica de los suelos y en datos de textura, mientras que las regiones climáticas se basan en los valores medios anuales de temperatura y precipitaciones, elevación, y potencial evapotranspiración. Véanse las correspondientes secciones que tratan de cada una de las categorías de uso de la tierra en cuanto a información específica del sector sobre datos de la actividad (Tierras forestales en la Sección 4.2.3.4, Tierras de cultivo en 5.2.3.3, Pastizales en 6.2.3.3 y Asentamientos en 8.2.3.3).

Los datos de la actividad recabados mediante el uso de los Métodos 2 o 3 (véase el Capítulo 3) suministran la base subyacente para determinar el uso previo de la tierra para *Tierras convertidas en Otras tierras*, aunque, por lo menos en su forma básica, los datos agregados (Método 1) no revelan transiciones específicas. En este caso, las conversiones en Otras tierras se declaran con las *Otras tierras que permanecen como tales* y, en efecto, las transiciones se convierten en cambios radicales de todo el paisaje. Esto hace que sea particularmente importante lograr coordinación entre las categorías de uso de la tierra a fin de garantizar la coherencia con el correr del tiempo.

Nivel 3

Para la aplicación de modelos dinámicos y/o de un inventario basado en mediciones directas en el Nivel 3, se requieren datos similares o más detallados de las combinaciones de datos climáticos, de suelos, topográficos y de gestión, en comparación con los métodos de los Niveles 1 y 2, aunque los requisitos exactos dependen del diseño del modelo o de la medición.

9.3.3.4 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Las incertidumbres en la estimación de los cambios en las existencias de C del suelo en *Tierras convertidas en Otras tierras* se deben a: i) incertidumbres en cuanto a uso y gestión de la tierra previos a la conversión; ii) incertidumbres con referencia a las existencias de C del suelo si se utilizan los métodos de los Niveles 1 o 2 sólo para suelos minerales; y iii) incertidumbres en los factores de cambios en las existencias y de emisión para los métodos de Niveles 1 o 2 (o, en lo equivalente para el Nivel 3, incertidumbres debidas a la estructura del modelo o los valores de parámetros, o en mediciones con inventarios basados en muestras. Las incertidumbres pueden ser de gran magnitud en el Nivel 1, en el que se usan estadísticas agregadas a nivel mundial o nacional sobre conversión de la tierra y debido a que se confía en existencias de carbono de referencia por defecto. En el Cuadro 3.7 del Capítulo 3 se presentan rangos de incertidumbre por defecto asociados con los diferentes métodos para estimación de superficies, y la incertidumbre en la estimación de las existencias de carbono puede superar $\pm 50\%$ en el Nivel 1.

9.4 EXHAUSTIVIDAD, SERIES TEMPORALES, GC/CC Y GENERACIÓN DE INFORMES

EXHAUSTIVIDAD

El total de la superficie de Otras tierras cubierto por la metodología de inventario es la suma de *Otras Tierras que permanecen como tales* más las *Tierras convertidas en Otras tierras* durante el período de que se trate. Se alienta a los compiladores del inventario a efectuar un seguimiento permanente del total de la superficie de las tierras clasificadas como Otras Tierras dentro de las fronteras de cada país, y llevar registros transparentes sobre qué porciones se usan para estimar los cambios en las existencias de carbono. Se debe incluir en la declaración toda la superficie de tierra del país, incluso si no se ha compilado un inventario de emisiones y absorciones de una porción de la base territorial, como Otras tierras.

DESARROLLO DE UNA SERIE TEMPORAL COHERENTE

Para mantener una serie temporal coherente, una *buena práctica* es que los países apliquen los mismos métodos de inventario durante todo el período de declaración, incluyendo las definiciones en cuanto a usos de la tierra, la superficie incluida en un inventario de C, y el método de cálculo. Es una *buena práctica* llevar registros transparentes de todos los cambios y, después, volver a calcular los cambios en las existencias de C durante la totalidad del período de inventario. En el Capítulo 5 del Volumen 1 se brinda orientación sobre cómo re-calcular en tales circunstancias. Las estimaciones y los informes coherentes de «Otras tierras» también requieren definiciones en común de climas y de tipos de suelos durante la totalidad de la serie temporal en el período del inventario.

GARANTÍA DE CALIDAD / CONTROL DE CALIDAD (GC/CC) DEL INVENTARIO

Es una *buena práctica* realizar verificaciones de control de calidad y revisiones de las estimaciones y datos de inventario por parte de expertos externos. Se debe prestar especial atención a las estimaciones específicas del país en cuanto a factores de cambio de existencias y de emisión, para garantizar que estén basados en datos de alta calidad y en opiniones de expertos verificables.

GENERACIÓN DE INFORMES Y DOCUMENTACIÓN

Es una *buena práctica* mantener y archivar toda la información utilizada para producir las estimaciones del inventario nacional. Deben documentarse las fuentes de metadata y de datos utilizadas para estimar los parámetros específicos del país, y las estimaciones de medias y de varianza provistas. Deben archivar las bases de datos y los procedimientos reales utilizados para procesar los datos (p. ej., programas estadísticos) y para estimar los factores específicos del país. Deben documentarse y archivar los datos de la actividad y las definiciones utilizados para categorizar o agregar los datos de la actividad.

CUADROS PARA LA GENERACIÓN DE INFORMES Y HOJAS DE TRABAJO

Se puede declarar las categorías descritas en esta sección usando los cuadros de generación de informes del Volumen 1, Capítulo 8. Las estimaciones de emisiones y absorciones de dióxido de carbono de los suelos de las *Tierras convertidas en Otras tierras* se declaran en la Categoría 5D de Generación de Informes del IPCC, cambios en el carbono del suelo. En el Anexo 1 se suministran hojas de trabajo para calcular las emisiones y absorciones de CO₂ de *Tierras convertidas en Otras tierras*.

CAPÍTULO 10

EMISIONES RESULTANTES DE LA GESTIÓN DEL GANADO Y DEL ESTIÉRCOL

Autores

Hongmin Dong (China), Joe Mangino (Estados Unidos) y Tim A. McAllister (Canadá)

Jerry L. Hatfield (Estados Unidos), Donald E. Johnson (EEUU), Keith R. Lassey (Nueva Zelanda), Magda Aparecida de Lima (Brasil) y Anna Romanovskaya (Federación Rusa)

Autores colaboradores

Deborah Bartram (Estados Unidos), Darryl Gibb (Canadá) y John H. Martin, Jr. (Estados Unidos)

Índice

10	Emisiones resultantes del manejo del ganado y del estiércol	
10.1	Introducción	10.7
10.2	Población de ganado y caracterización de los alimentos.....	10.7
10.2.1	Pasos para definir las categorías y subcategorías de ganado	10.7
10.2.2	Elección del método	10.8
10.2.3	Evaluación de incertidumbre	10.24
10.2.4	Caracterización del ganado sin métodos de estimación de emisiones específicas.....	10.25
10.3	Emisiones de metano a partir de la fermentación entérica	10.25
10.3.1	Elección del método	10.26
10.3.2	Elección de los factores de emisión.....	10.28
10.3.3	Elección de los datos de la actividad.....	10.35
10.3.4	Evaluación de incertidumbre	10.35
10.3.5	Exhaustividad, series temporales, garantía de calidad/control de calidad y generación de informes	10.36
10.4	Emisiones de metano producidas por la gestión del estiércol	10.37
10.4.1	Elección del método	10.37
10.4.2	Elección de los factores de emisión.....	10.40
10.4.3	Elección de los datos de la actividad	10.51
10.4.4	Elección de incertidumbre	10.51
10.4.5	Exhaustividad, series temporales, garantía de calidad/control de calidad y generación de informes	10.53
10.5	Emisiones de N ₂ O por la gestión del estiércol	10.55
10.5.1	Elección del método	10.56
10.5.2	Elección de los factores de emisión.....	10.61
10.5.3	Elección de los datos de la actividad	10.66
10.5.4	Coordinación con la declaración para emisiones de N ₂ O de suelos gestionados.....	10.69
10.5.5	Evaluación de incertidumbre	10.71
10.5.6	Exhaustividad, series temporales, garantía de calidad/control de calidad y generación de informes	10.73
10.5.7	El uso de las hojas de trabajo.....	10.74
Anexo 10A.1	Los datos que subyacen a los factores de emisión de metano por defecto en cuanto a fermentación entérica	10.76
Anexo 10A.2	Los datos que subyacen a los factores de emisión de metano de gestión del estiércol.....	10.81
Referencias	.....	10.88

Ecuaciones

Ecuación 10.1 Población promedio anual.....	10.8
Ecuación 10.2 Coeficiente para calcular la energía neta necesaria para el mantenimiento.....	10.13
Ecuación 10.3 Energía neta para mantenimiento	10.16
Ecuación 10.4 Energía neta para actividad (para vacunos y búfalos)	10.17
Ecuación 10.5 Energía neta para actividad (para ovinos)	10.17
Ecuación 10.6 Energía neta para crecimiento (para vacunos y búfalos)	10.18
Ecuación 10.7 Energía neta para crecimiento (para ovinos)	10.18
Ecuación 10.8 Energía neta para lactancia (para vacunos de carne, ganado lechero y búfalos)	10.19
Ecuación 10.9 Energía neta para lactancia ovina (producción de leche conocida)	10.19
Ecuación 10.10 Energía neta para lactancia ovina (producción de leche desconocida).....	10.20
Ecuación 10.11 Energía neta para el trabajo (para vacunos y búfalos).....	10.20
Ecuación 10.12 Energía neta para producir lana (para ovinos).....	10.20
Ecuación 10.13 Energía neta para preñez (para vacunos, búfalos y ovinos).....	10.21
Ecuación 10.14 Relación entre la energía disponible en una dieta para mantenimiento y la energía digerible consumida.....	10.22
Ecuación 10.15 Relación entre la energía disponible en una dieta para crecimiento y la energía digerible consumida	10.22
Ecuación 10.16 Energía bruta para vacunos, búfalos y ovinos).....	10.22
Ecuación 10.17 Estimación de la ingesta de materia seca para ganado en crecimiento y en terminación	10.23
Ecuación 10.18a Estimación de la ingesta de materia seca para ganado maduro	10.23
Ecuación 10.18b Estimación de la ingesta de materia seca para vacas lecheras maduras.....	10.24
Ecuación 10.19 Emisiones por fermentación entérica de una categoría de ganado	10.30
Ecuación 10.20 Emisiones totales por fermentación entérica del ganado.....	10.30
Ecuación 10.21 Factores de emisión de CH ₄ por fermentación entérica de una categoría de ganado.....	10.33
Ecuación 10.22 Emisiones de CH ₄ de la gestión del estiércol	10.40
Ecuación 10.23 Factor de emisión de CH ₄ de la gestión del estiércol	10.44
Ecuación 10.24 Tasas de excreción de sólidos volátiles	10.45
Ecuación 10.25 Emisiones directas de N ₂ O de la gestión del estiércol.....	10.57
Ecuación 10.26 Pérdidas de N debidas a la volatilización de la gestión del estiércol.....	10.58
Ecuación 10.27 Emisiones indirectas de N ₂ O debidas a la volatilización de N de la gestión del estiércol.....	10.60
Ecuación 10.28 Pérdidas de N debidas a lixiviación de sistemas de gestión del estiércol.....	10.60
Ecuación 10.29 Emisiones indirectas de N ₂ O debidas a lixiviación de la gestión del estiércol.....	10.61
Ecuación 10.30 Tasas de excreción anual de N	10.61
Ecuación 10.31 Tasas de excreción anual de N (Nivel 2).....	10.62
Ecuación 10.32 Tasas de ingesta de N para vacunos	10.63
Ecuación 10.33 Tasas de N retenido para vacunos	10.65
Ecuación 10.34 N de estiércol gestionado disponible para aplicación en suelos gestionados, como alimento, combustible o en la construcción.....	10.70

Figuras

Figura 10.1	Árbol de decisiones para la caracterización de la población de ganado	10.9
Figura 10.2	Árbol de decisiones para las emisiones de CH ₄ resultantes de la fermentación entérica.....	10.27
Figura 10.3	Árbol de decisiones para emisiones de CH ₄ resultantes de la gestión del estiércol.....	10.39
Figura 10.4	Árbol de decisiones para emisiones de N ₂ O resultantes de la gestión del estiércol (Nota 1).....	10.59

Cuadros

Cuadro 10.1	Categorías representativas de ganado ^{1,2}	10.11
Cuadro 10.2	Digestibilidad alimentaria representativa de las distintas categorías de ganado.....	10.15
Cuadro 10.3	Resumen de las ecuaciones utilizadas para estimar la ingesta bruta diaria en vacunos, búfalos y ovinos	10.16
Cuadro 10.4	Coeficientes para calcular la energía neta para mantenimiento (NE _m).....	10.17
Cuadro 10.5	Coeficientes de actividad correspondientes a la situación alimentaria de los animales.....	10.18
Cuadro 10.6	Constantes a utilizar en el cálculo de NE _g para ovinos.....	10.19
Cuadro 10.7	Constantes a utilizar en el cálculo de NE _p en la Ecuación 10.13.....	10.21
Cuadro 10.8	Ejemplos de contenido de NE _{ma} de las dietas típicas con que se alimenta al ganado vacuno para la estimación de la ingesta de materia seca en las ecuaciones 10.17 y 10.18	10.24
Cuadro 10.9	Métodos sugeridos para el inventario de emisiones por fermentación entérica.....	10.29
Cuadro 10.10	Factores de emisión por fermentación entérica para el método de Nivel 1 ¹ (kg CH ₄ cabeza ⁻¹ año ⁻¹)	10.30
Cuadro 10.11	Factores de emisión por fermentación entérica de Nivel 1 para ganado vacuno ¹	10.31
Cuadro 10.12	Factores de conversión de CH ₄ para vacunos/búfalos (Y _m).....	10.32
Cuadro 10.13	Factores de conversión de CH ₄ para ovinos (Y _m).....	10.33
Cuadro 10.14	Factores de emisión de metano por gestión del estiércol por temperatura para vacunos, porcinos y búfalos(kg CH ₄ cabeza ⁻¹ año ⁻¹)	10.41
Cuadro 10.15	Factores de emisión de metano de la gestión del estiércol por temperatura para ovinos, caprinos, camélidos, equinos, mulas y asnos, y aves de corral ^a (kg CH ₄ cabeza ⁻¹ año ⁻¹).....	10.43
Cuadro 10.16	Factores de emisión de metano por gestión de estiércol para ciervos, renos, conejos y pelíferos.....	10.44
Cuadro 10.17	Valores de MCF por temperatura para sistemas de gestión del estiércol	10.47
Cuadro 10.18	Definiciones de los sistemas de gestión del estiércol	10.52
Cuadro 10.19	Valores por defecto para la tasa de excreción de nitrógeno ^a (kg N (1000 kg masa animal) ⁻¹ día ⁻¹)	10.64
Cuadro 10.20	Valores por defecto para la fracción de nitrógeno en la ingesta del ganado que retienen las diferentes especies/categorías de ganado (fracción de ingesta de N retenida por el animal) ...	10.65
Cuadro 10.21	Factores de emisión por defecto para emisiones directas de N ₂ O de la gestión del estiércol	10.67
Cuadro 10.22	Valores por defecto para pérdida de nitrógeno debida a volatilización de NH ₃ y NO _x de la gestión del estiércol.....	10.70
Cuadro 10.23	Valores por defecto del total de pérdida de nitrógeno producida por la gestión del estiércol ...	10.72

Cuadro 10A.1	Datos para estimar los factores de emisión de Nivel 1 de CH ₄ por fermentación entérica para vacas lecheras del Cuadro 10.11.....	10.77
Cuadro 10A.2	Datos para estimar los factores de emisión de CH ₄ por fermentación entérica de Nivel 1 para otros vacunos del Cuadro 10.11	10.78
Cuadro 10A.3	Datos para estimar los factores de emisión de CH ₄ por fermentación entérica para búfalos...	10.80
Cuadro 10A-4	Derivación de factores de emisión de metano por gestión del estiércol para vacas lecheras.....	10.78
Cuadro 10A-5	Derivación de factores de emisión de metano por gestión del estiércol para otros vacunos	10.79
Cuadro 10A-6	Derivación de factores de emisión de metano por gestión del estiércol para búfalos.....	10.80
Cuadro 10A-7	Derivación de factores de emisión de metano por gestión del estiércol para porcinos de carne	10.81
Cuadro 10A-8	Derivación de factores de emisión de metano por gestión del estiércol para porcinos de cría	10.82
Cuadro 10A-9	Derivación de los factores de emisión de metano por gestión del estiércol para otros animales.....	10.87

10 EMISIONES RESULTANTES DE LA GESTIÓN DEL GANADO Y DEL ESTIÉRCOL

10.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se brinda orientación sobre los métodos para estimar las emisiones de metano a partir de la fermentación entérica en el ganado y emisiones de metano y óxido nitroso de la gestión del estiércol. Las emisiones de CO₂ provocadas por el ganado no se estiman porque se supone que las emisiones anuales netas de CO₂ equivalen a cero —el CO₂ de la fotosíntesis de los vegetales se devuelve a la atmósfera como CO₂ respirado. Una parte del C se devuelve como CH₄ y es por esta razón que el CH₄ requiere consideración aparte.

La producción de ganado puede traer como resultado emisiones de metano (CH₄) resultante de la fermentación entérica y emisiones de CH₄ y de óxido nitroso (N₂O) de los sistemas de gestión del estiércol del ganado. Los vacunos constituyen una fuente importante de CH₄ en muchos países debido a su gran población y a la alta tasa de emisión de CH₄ provocada por su sistema digestivo rumiante. Las emisiones de metano producidas por la gestión del estiércol tienden a ser menores que las entéricas; las emisiones más significativas se asocian con operaciones de gestión de animales confinados en las que el estiércol se maneja por medio de sistemas basados en líquidos. Las emisiones de óxido nitroso resultantes de la gestión del estiércol varían significativamente entre los tipos de sistemas de gestión utilizados y, además, pueden provocar emisiones indirectas debidas a otras formas de pérdida de nitrógeno del sistema. El cálculo de la pérdida de nitrógeno de los sistemas de gestión del estiércol es también un paso importante en la determinación de la cantidad de nitrógeno que, en última instancia, va a estar disponible en el estiércol que se aplique al suelo, o el utilizado con propósitos alimentarios, de combustible o de construcción —emisiones que se calculan en el Capítulo 11, Sección 11.2 (emisiones de N₂O de suelos gestionados).

Los métodos para estimar las emisiones de CH₄ y N₂O producidas por el ganado requieren definiciones de las subcategorías de ganado, las poblaciones anuales y, para los métodos de Nivel superior, la ingesta y la caracterización de los alimentos. Los procedimientos empleados para definir las subcategorías de ganado, desarrollar los datos de la población y caracterizar los alimentos se describen en la Sección 10.2 (Población de ganado y caracterización de alimentos). Se han provisto coeficientes de digestibilidad de alimentos para distintas categorías de ganado a fin de ayudar a estimar la ingesta de alimentos en el cálculo de las emisiones de fuentes entéricas y de estiércol. Debe realizarse una caracterización coordinada del ganado, como se describen en la Sección 10.2, a fin de asegurar coherencia entre las siguientes categorías fuente:

- Sección 10.3 – emisiones de CH₄ resultantes de la fermentación entérica;
- Sección 10.4 – emisiones de CH₄ resultantes de la gestión del estiércol;
- Sección 10.5 – emisiones de N₂O resultantes de la gestión del estiércol (directas e indirectas);
- Capítulo 11, Sección 11.2 – emisiones de N₂O de suelos gestionados (directas e indirectas).

10.2 POBLACIÓN DE GANADO Y CARACTERIZACIÓN DE LOS ALIMENTOS

10.2.1 Pasos para definir las categorías y subcategorías de ganado

Es una *buena práctica* identificar el método apropiado para estimar las emisiones de cada categoría de fuente y, entonces, basar la caracterización en los requisitos más detallados identificados para cada especie de ganado. Es probable que la caracterización del ganado que se usa en un país dado esté sometida a repeticiones, a medida que se determinan las necesidades de cada categoría fuente durante el proceso de estimación de las emisiones (véase la Figura 10.1, Árbol de decisiones para la aracterización de la población de ganado). Los pasos son:

- **Identificar las especies de ganado aplicables a cada categoría de fuente de emisiones:** Las especies de ganado que contribuyen con más de una categoría de fuente de emisiones deben listarse en primer término. Lo habitual es que, entre estas especies, se encuentren: vacunos, búfalos, ovinos, cabras, porcinos, caballos, camellos, mulas/asnos, y aves de corral.

- **Revisar el método de estimación de las emisiones para cada categoría fuente pertinente.** Para las categorías de fuente de fermentación entérica y de gestión del estiércol, identificar el método de estimación de las emisiones para cada especie de esa categoría de fuente. Por ejemplo, las emisiones por fermentación entérica de los vacunos, búfalos y ovinos deben estudiarse una por una para evaluar si la tendencia o el nivel de las emisiones justifica una estimación de emisiones de Niveles 2 o 3. De manera similar, las emisiones de metano por gestión del estiércol de vacunos, búfalos, porcinos y aves de corral se estudiarán para determinar si resulta apropiada una estimación de emisiones de Niveles 2 o 3. Hay estimaciones de inventario ya existentes que se pueden utilizar para realizar esta estimación. Si no se ha desarrollado ningún inventario hasta la fecha, deben calcularse las estimaciones de emisión de Nivel 1 para contar con estimaciones iniciales que permitan efectuar esta evaluación. Véase el Volumen 1, Capítulo 4 (Opción metodológica e identificación de categorías principales) como orientación respecto a los aspectos generales de la elección metodológica.
- **Identificar la caracterización más detallada requerida para cada especie de ganado:** sobre la base de las evaluaciones para cada especie bajo cada categoría de fuente, identificar la caracterización más detallada requerida que respalde las estimaciones de emisiones para cada especie. Lo habitual es que la caracterización «básica» se utilice para todas las categorías de fuente pertinentes si es que tanto las fuentes de fermentación entérica como las de estiércol se estiman con sus métodos de Nivel 1. Se debe emplear una caracterización «mejorada» para estimar las emisiones de todas las fuentes pertinentes si se emplea el método de Nivel 2 para fermentación entérica o estiércol.

10.2.2 Elección del método

NIVEL 1: CARACTERIZACIÓN BÁSICA PARA POBLACIONES DE GANADO

Es factible que la caracterización básica para el Nivel 1 sea suficiente para la mayoría de las especies animales en la mayoría de los países. Para este método, es una *buena práctica* recabar los siguientes datos de caracterización del ganado a fin de respaldar las estimaciones de emisiones:

Especies y categorías de ganado: se debe preparar un listado completo de la población de ganado que tiene valores por defecto de factores de emisión (p. ej., vacas lecheras, otros vacunos, búfalos, ovinos, cabras, camellos, llamas, alpacas, ciervos, caballos, conejos, mulas y asnos, porcinos y aves de corral) si estas categorías son pertinentes para el país. Si se dispone de datos, se deben usar categorías más detalladas. Por ejemplo, se pueden hacer estimaciones de emisión más exactas si, a su vez, se subdivide la población de aves de corral (p. ej., ponedoras, pollos parrilleros, pavos, patos y demás aves de corral), ya que hay diferencias significativas entre las características de los desechos de estas distintas poblaciones.

Población anual: si es posible, los compiladores del inventario deben utilizar datos de la población obtenidos de estadísticas nacionales oficiales o de fuentes de la industria. Si no se dispone de datos a nivel nacional, se pueden usar los datos de la Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Los nacimientos o las matanzas estacionales pueden incrementar o reducir el tamaño de la población en diferentes épocas del año, lo que va a requerir que los números de la población se ajusten en consecuencia. Es importante documentar en detalle el método utilizado para estimar la población anual, incluyendo los eventuales ajustes al formulario original de datos poblacionales que fuera recibido de los organismos nacionales de estadísticas o de otras fuentes.

La población promedio anual se estima de varias maneras, según los datos disponibles y de la naturaleza de la población animal. En el caso de las poblaciones animales estáticas (p. ej., vacas lecheras, cerdos para reproducción, ponedoras), estimar la población promedio anual puede ser tan simple como obtener datos relacionados con los del inventario animal realizado una vez. No obstante, estimar la población promedio anual de una población en crecimiento (p. ej., animales para carne, como pollos parrilleros, pavos, vacunos de carne y cerdos para el mercado) requiere una mayor evaluación. La mayoría de los animales de estas poblaciones en crecimiento está viva durante sólo una parte de todo un año. Los animales deben incluirse en la población independientemente de si fueron carneados para consumo humano o murieron por causas naturales. Mediante la Ecuación 10.1 se estima el promedio anual de la población de ganado.

ECUACIÓN 10.1
POBLACIÓN PROMEDIO ANUAL

$$AAP = \text{Días}_{\text{viva}} \cdot \left(\frac{NAPA}{365} \right)$$

Donde:

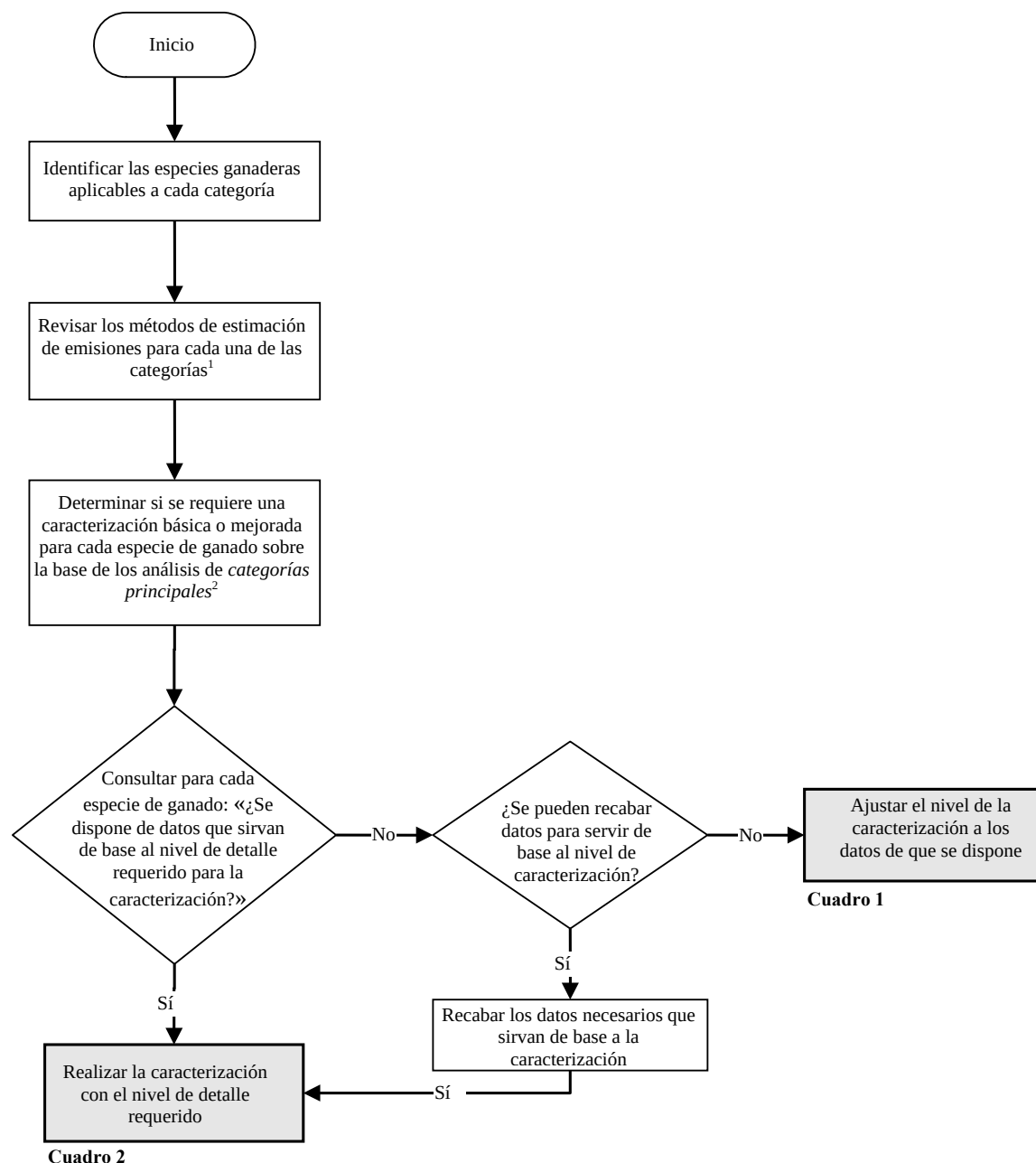
AAP = población promedio anual

NAPA = cantidad de animales producidos anualmente

Es típico que los pollos parrilleros se críen durante unos 60 días antes carnearlos. Estimar la población anual promedio como la cantidad de aves criadas y carneadas durante el curso de un año sería sobreestimar en gran manera la población, ya que implicaría asumir que cada ave vivió el equivalente a 365 días. En cambio, se deberá estimar la población promedio anual como el número de animales criados dividido por la cantidad de ciclos de cría por año. Por ejemplo, si los pollos parrilleros se crían habitualmente en lotes durante 60 días, un establecimiento podría tener una rotación aproximada de 6 lotes de pollos durante el lapso de un año. Por lo tanto, si el establecimiento crió 60 000 pollos en un año, su población anual promedio será de 9 863 pollos. Para este ejemplo, la ecuación sería:

$$\text{Población promedio anual} = 60 \text{ días} \bullet 60\,000 / 365 \text{ días} / \text{año} = 9\,863 \text{ pollos}$$

Figura 10.1 **Árbol de decisiones para la caracterización de la población de ganado**



Nota:

1: Estas categorías incluyen: Emisión de CH₄ por gestión del estiércol y emisión de N₂O por gestión del estiércol.

2: Véase el Volumen 1, Capítulo 4, «Opción metodológica e identificación de categorías principales» (principalmente la sección 4.1.2 relativa a los recursos limitados) para el análisis de las *categorías principales* y el uso de los árboles de decisión.

Vacas lecheras y producción lechera: La población de vacas lecheras se estima por separado de los demás vacunos (véase el Cuadro 10.1). En este método, las vacas lecheras se definen como vacas maduras que están en producción de leche en cantidades comerciales para consumo humano. Esta definición se corresponde con la población de vacas lecheras declarada en el Anuario de producción de la FAO. En algunos países, la población de vacas lecheras incluye dos segmentos bien definidos: (i) razas de alta producción (también llamadas mejoradas) en operación comercial; y (ii) vacas de baja producción gestionadas con métodos tradicionales. Estos dos segmentos se pueden combinar o se los puede evaluar por separado definiendo dos categorías de vacas lecheras. No obstante, la categoría vacas lecheras no incluye las vacas que se mantienen principalmente para producir terneros para carne o para fuerza de tiro. Las vacas multipropósito de baja productividad deben considerarse como otro ganado.

Las hembras de búfalo se pueden categorizar de manera similar a las vacas lecheras.

También se requieren datos sobre la producción promedio de leche de las vacas lecheras. Los datos de la producción de leche se utilizan para estimar un factor de emisión para fermentación entérica empleando el método de Nivel 2. Se prefieren las fuentes de datos específicos del país, aunque también pueden utilizarse los de la FAO. Estos datos se expresan en kilos de leche entera fresca producida por año por cada vaca lechera. Si se definen dos o más categorías de vacas lecheras, se requiere el promedio de producción de leche por vaca en cada categoría.

NIVEL 2: CARACTERIZACIÓN MEJORADA PARA POBLACIONES DE GANADO

La caracterización del ganado del Nivel 2 requiere información detallada sobre:

- Definiciones para subcategorías de ganado.
- Población de ganado por subcategoría, teniendo en cuenta la estimación de la población anual según el Nivel 1; y
- Las estimaciones de ingesta de alimentos de un animal típico de cada subcategoría.

Las subcategorías de la población de ganado se definen para crear subgrupos de animales relativamente homogéneos. Dividiendo la población en estas subcategorías se pueden reflejar las variaciones específicas del país en cuanto a estructura etárea y comportamiento animal dentro de la población de ganado general.

La metodología de caracterización de Nivel 2 pretende definir los animales, la productividad animal, la calidad de la dieta y las circunstancias de la gestión, a fin respaldar una estimación más exacta de la ingesta de alimentos para usarla en la estimación de la producción de metano resultante de la fermentación entérica. Las mismas estimaciones de ingesta de alimentos deben emplearse para suministrar estimaciones armónicas de las tasas de excreción de estiércol y nitrógeno, para mejorar la exactitud y la coherencia de las emisiones de CH₄ y N₂O producidas por la gestión del estiércol.

Definiciones para subcategorías de ganado

Es una *buena práctica* clasificar las poblaciones de ganado en subcategorías de cada especie según edad, tipo de producción y sexo. Las categorías de ganado representativas para realizar lo antedicho se muestran en el Cuadro 10.1. También es posible trabajar con más subcategorías:

- Las poblaciones de ganado vacuno y de búfalos deben clasificarse en, por lo menos, tres subcategorías principales: ganado lechero maduro, otros tipos de ganado maduro y ganado en crecimiento. Según el nivel de detalle del método de estimación de las emisiones, las subcategorías pueden clasificarse, a su vez, sobre la base de las características de los animales o de la alimentación. Por ejemplo, el ganado en crecimiento o en engorde puede clasificarse, a su vez, en el ganado que se alimenta con una dieta alta en granos y en corral de engorde versus aquél que se cría y se termina exclusivamente al pastoreo.
- Se pueden emplear subdivisiones similares a las utilizadas para el ganado vacuno y búfalos para clasificar la población ovina a fin de crear subcategorías con características relativamente homogéneas. Por ejemplo, la cría de corderos podría clasificarse en corderos terminados en pastura versus aquellos terminados en corral de engorde. El mismo enfoque se aplica a los rebaños nacionales de cabras.
- Las subcategorías de porcinos podrían seguir clasificándose, a su vez, sobre la base de las condiciones de producción. Por ejemplo, los porcinos en crecimiento se podrían subdividir en aquéllos de corral en instalaciones de producción intensiva y los que se crían «a campo».
- Las subcategorías de aves de corral se podrían clasificar sobre la base de las condiciones de producción. Por ejemplo, las aves se podrían dividir sobre la base de producción en confinamiento o «de campo».

En los países grandes o con marcadas diferencias regionales, puede resultar útil definir las regiones y, entonces, definir categorías dentro de esas regiones. Las subdivisiones regionales pueden utilizarse para representar

diferencias en clima, sistemas de alimentación, dieta y gestión del estiércol. No obstante, esta ulterior subdivisión sólo resulta de utilidad si se dispone de los correspondientes datos detallados sobre alimentación y el uso de un sistema de gestión del estiércol en tales categorías del ganado.

CUADRO 10.1
CATEGORÍAS REPRESENTATIVAS DE GANADO^{1,2}

Categorías principales	Subcategorías
Vacas lecheras maduras o hembras de búfalo maduras	• Vacas de alta producción con, por lo menos, una parición y que se emplean principalmente para producción de leche. • Vacas de baja producción con, por lo menos, una parición y que se emplean principalmente para producción de leche.
Otro ganado vacuno maduro o búfalos maduros no lecheros	Hembras: • Vacas utilizadas para producir cría para carne • Vacas usadas para más de un propósito productivo: leche, carne, tiro Machos: • Toros utilizados principalmente con fines reproductivos • Bueyes utilizados principalmente para fuerza de tiro
Ganado vacuno en crecimiento o búfalos en crecimiento	• Terneros antes del destete • Vaquillonas lecheras de reemplazo • Ganado vacuno o búfalos en crecimiento / de engorde post-destete • Ganado alimentado a corral con dietas con un contenido >90% de concentrados
Ovejas maduras	• Ovejas reproductoras para cría y producción de lana • Ovejas lecheras donde la producción comercial de leche constituya el propósito fundamental
Otros ovinos maduros (>1 año)	• No se recomienda mayor subcategorización
Corderos en crecimiento	• Machos enteros • Castrados • Hembras
Porcinos maduros	• Cerdas en gestación • Cerdas que han parido y están amamantando a sus crías • Cerdos utilizados con fines reproductivos
Porcinos en crecimiento	• Lactantes • En terminación • Hembras utilizadas con fines reproductivos • Machos que se van a utilizar con fines reproductivos
Aves de corral	• Pollos parrilleros criados para producir carne • Ponedoras para la producción de huevos, en cuyo caso el estiércol se gestiona con sistemas en seco (p. ej., en jaulas elevadas) • Ponedoras para la producción de huevos, en cuyo caso el estiércol se gestiona con sistemas húmedos (p. ej., lagunas) • Aves criadas «a campo» para producción de huevos o carne
Pavos	• Pavos para reproducción en sistemas confinados • Pavos criados para producción de carne en sistemas confinados • Pavos criados «a campo» para producción de carne
Patos	• Patos para reproducción • Patos criados para producir carne
Otros (por ejemplo)	• Camélidos • Mulas y asnos • Llamas, alpacas • Pelíferos • Conejos • Equinos • Ciervos • Avestruces • Gansos

¹ Fuente: Grupo de Expertos del IPCC

² Sólo se deben considerar las emisiones respecto a las especies de ganado utilizadas para la producción de alimentos, pienso o materias primas para procesos industriales.

Para cada una de las categorías de animales representativas definidas, se requiere la siguiente información:

- población anual promedio (cantidad de ganado o de aves de corral según los cálculos para el Nivel 1);
- ingesta de alimento diaria promedio (megajulios (MJ) por día y/o kg por día de materia seca); y
- factor de conversión a metano (porcentaje de energía alimentaria convertida en metano).

Generalmente, no se dispone de datos sobre la ingesta de alimento diaria promedio, en particular cuando se trata de ganado de pastoreo. En consecuencia, debe recabarse la siguiente información general para estimar la ingesta de alimentos de cada una de las categorías animales representativas:

- peso (kg);
- aumento de peso promedio por día (kg)¹;
- situación alimentaria: confinados, pastoreo, condición de la pastura;
- producción diaria de leche (kg/día) y contenido graso (%)²;
- cantidad de trabajo promedio realizado por día (horas día⁻¹);
- porcentaje de hembras que paren en un año³;
- crecimiento de la lana;
- cantidad de crías; y
- digestibilidad de alimentos (%).

Estimaciones de ingesta de alimentos

Las estimaciones de emisiones de Nivel 2 requieren datos sobre ingesta de alimentos para un animal representativo de cada subcategoría. Habitualmente, la ingesta de alimentos se mide en términos de energía bruta (p. ej., megajulios (MJ) por día) o de materia seca (p. ej., kilogramos (kg) por día). La materia seca es la cantidad de alimentos consumidos (kg) una vez corregida por el contenido de agua de la dieta completa. Por ejemplo, el consumo de 10 kg de una dieta que contenga un 70% de materia seca traería como resultado una ingesta de materia seca de 7 kg. Los requisitos de datos detallados y las ecuaciones para estimar la ingesta alimentaria que se incluyen en la orientación que sigue son los necesarios para aplicar el método de Nivel 2 de fermentación entérica para ganado vacuno, búfalos y ovinos (véase la Sección 10.3). Las constantes de las ecuaciones se han combinado para simplificar los formatos generales. En el resto de esta subsección se presentan los requisitos de datos típicos y las ecuaciones utilizados para estimar la ingesta alimentaria en ganado vacuno, búfalos y ovinos. La ingesta alimentaria de otras especies puede estimarse utilizando métodos similares específicos del país y apropiados para cada una de ellas.

Una *buena práctica* para todas las estimaciones de ingesta alimentaria es:

- Recopilar datos para describir la dieta típica del animal y el comportamiento en cada subcategoría;
- Estimar la ingesta alimentaria a partir de los datos del comportamiento y la dieta para cada subcategoría.

En algunos casos, las ecuaciones pueden aplicarse según las estaciones; por ejemplo, bajo condiciones en las que el ganado aumenta de peso en una estación y pierde peso en otra. Este método puede requerir una variación más refinada del Nivel 2 o una metodología más compleja tipo Nivel 3.

Se requieren los siguientes datos del comportamiento animal para cada subcategoría de animales, a fin de estimar la ingesta alimentaria para la subcategoría:

- **Peso (W), kg:** Se deben recabar datos del peso vivo para cada subcategoría animal. No es realista realizar un censo completo de pesos vivos, por lo que los datos de peso vivo deben obtenerse de estudios de muestras representativas o de bases de datos estadísticas si es que ya existen. La comparación de los datos de peso vivo con los de peso al sacrificio resulta una verificación cruzada útil para determinar si los datos del peso vivo son representativos de las condiciones del país. Sin embargo, los datos de peso al sacrificio no deben

¹ Esto se puede considerar equivalente a cero en animales maduros.

² Los datos de ^{producción} lechera se requieren para animales ^{lecheros}. Se los puede estimar para animales ^{no lecheros} que estén amamantando a sus crías, cuando se disponga de los datos.

³ Sólo es pertinente para hembras maduras.

utilizarse en lugar de los de peso vivo ya que no incluyen el peso completo del animal. Además, debe tenerse en cuenta que la relación entre peso vivo y peso al sacrificio varía según la raza y la condición corporal. En el ganado vacuno, los búfalos y los ovinos maduros, es necesario contar con el promedio anual de peso para cada categoría de animales (p. ej., vacunos maduros para carne). Para los ovinos jóvenes, se necesita contar con los pesos al nacer, al destete y a la edad de un año o al sacrificio si éste se produce dentro del año.

- **Aumento de peso promedio por día (WG), kg día⁻¹** Por lo general, se recopilan los datos del aumento de peso promedio para animales alimentados a corral y para animales jóvenes en crecimiento. Por lo general, se supone que los animales maduros no experimentan aumento ni pérdida de peso en todo un año. Es frecuente que los animales maduros pierdan peso durante la estación seca o bajo temperaturas extremas y que aumenten de peso durante la siguiente estación. Sin embargo, es factible que el aumento de las emisiones relacionado con este cambio de peso sea pequeño. Las menores ingestas y emisiones relacionadas con la pérdida de peso se compensan en gran parte con las mayores ingestas y emisiones producidas durante los períodos de aumento del peso corporal.
- **Peso maduro (MW), kg:** Se requiere que el peso maduro del animal adulto del grupo inventariado defina una pauta de crecimiento, incluyendo el alimento y la energía requeridos para el crecimiento. Por ejemplo, en general, se considera que el peso maduro de una raza o categoría de vacunos o búfalos es el peso corporal cuando se ha completado el desarrollo óseo. El peso maduro varía entre razas y debe reflejar el peso del animal cuando éste se encuentre en una condición corporal moderada. Esto se denomina «peso de referencia» (AAC, 1990) o «peso corporal reducido final» (NRC, 1996). Es habitual que los especialistas y los productores de ganado cuenten con estimaciones de peso maduro.
- **Cantidad promedio de horas trabajadas por día:** para los animales de tiro, se debe determinar la cantidad promedio de horas trabajadas por día.
- **Situación alimentaria:** se debe determinar cuál es la situación alimentaria que mejor representa la subcategoría de animales, utilizando las definiciones que se detallan a continuación (Cuadro 10.5). Si la situación alimentaria se encuentra entre las definiciones, debe describirla en detalle. La información detallada puede resultar necesaria para el cálculo de las emisiones por fermentación entérica, ya que la interpolación entre las situaciones alimentarias puede necesitarse para asignar el coeficiente más apropiado. En el Cuadro 10.5 se definen las situaciones alimentarias para ganado vacuno, búfalos y ovinos. En cuanto a las aves de corral y porcinos, se supone que la situación alimentaria es bajo condiciones de confinamiento y, por consiguiente, se supone que el coeficiente de actividad (C_a) es cero, ya que, bajo estas condiciones, se gasta muy poca energía en la consecución del alimento. No se han desarrollado coeficientes de actividad para porcinos o aves de corral criados «a campo».
- **Temperatura media invernal (°C)** En los modelos detallados de ingesta alimentaria se consideran la temperatura ambiente, la velocidad del viento, el aislamiento por pelo y tejidos, y el calor de la fermentación (NRC, 2001; AAC, 1990) y es factible que resulten más apropiados para las aplicaciones de Nivel 3. Una relación más general, adaptada a partir de datos estadounidenses, sugiere ajustar el término C_{fi} de la Ecuación 10.3 a los requisitos de mantenimiento del ganado alimentado a corral abierto en climas más fríos, según la siguiente ecuación (Johnson, 1986):

ECUACIÓN 10.2

COEFICIENTE PARA CALCULAR LA ENERGÍA NETA NECESARIA PARA EL MANTENIMIENTO

$$C_{fi}(\text{en frío}) = C_{fi} + 0,0048 \bullet (20 - ^\circ\text{C})$$

Donde:

C_{fi} = un coeficiente que varía para cada categoría de animales, como se indica en el Cuadro 10.4 (Coeficientes para calcular NE_m), MJ día⁻¹ kg⁻¹

°C = temperatura diaria media durante la temporada invernal.

Considerando la temperatura promedio durante los meses invernales, los requisitos de energía neta para el mantenimiento (NE_m) puede incrementarse en hasta un 30% en la parte septentrional de América del Norte. También es factible que este incremento en el uso de alimentación se asocie con mayores emisiones de metano.

- **Promedio diario de producción de leche (kg día^{-1}):** Estos datos se refieren a ovejas en ordeño, vacas lecheras y búfalos. El promedio diario de producción debe calcularse dividiendo la producción anual total por 365, o declararse como promedio de producción diaria junto con los días de lactancia por año, o estimarse empleando la producción por temporada dividida por la cantidad de días de la temporada. Si se utilizan datos de producción por temporada, el factor de emisión debe desarrollarse para ese período estacional.
- **Contenido graso (%):** es necesario conocer el contenido graso promedio de la leche para las vacas, los búfalos y las ovejas en período de lactancia que produzcan leche para consumo humano.
- **Porcentaje de hembras que paren en un año:** esta información se recaba sólo para vacunos, búfalos y ovinos maduros.
- **Cantidad de crías producidas por año:** esto tiene que ver con ganado hembra que tiene múltiples pariciones por año (p. ej., las ovejas).
- **Digestibilidad de alimentos (DE%):** La parte de energía bruta (GE, del inglés, *gross energy*) contenida en el alimento que no se excreta con las heces se conoce como alimento digerible. Habitualmente, la digestibilidad se expresa como porcentaje (%) de la GE o total de nutrientes digeribles (TDN, del inglés *total digestible nutrients*). Ese porcentaje de alimento que no se digiere representa el % de la ingesta de materia seca que se va a excretar en forma de heces. Los valores típicos de digestibilidad para toda una gama de clases de ganado y tipos de dietas se presentan en el Cuadro 10.2 como orientación. En cuanto a los rumiantes, los rangos habituales de digestibilidad de los alimentos son de 45-55% para subproductos agrícolas y tierras de pastoreo; 55-75% para buenas pasturas, forraje bien conservado y dietas basadas en granos complementados con forraje; y 75-85% para dietas basadas en granos provistas en corral. Las variaciones en la digestibilidad de la dieta provocan variaciones importantes en la estimación del alimento necesario para satisfacer los requisitos de los animales y, en consecuencia, en las respectivas emisiones de metano y cantidades de estiércol excretadas. También es importante señalar que la digestibilidad, la ingesta y el crecimiento son fenómenos interdependientes. Por ejemplo, una baja digestibilidad lleva a una menor ingesta de alimentos y, en consecuencia, a un menor crecimiento. Por el contrario, a menudo, los alimentos con una alta digestibilidad producen una mayor ingesta de alimentos y un aumento en el crecimiento. Un error del 10% en la estimación de la DE se llegará hasta entre un 12 y un 20% cuando se estimen las emisiones de metano e incluso más (20 al 45%) respecto a la excreción de estiércol (sólidos volátiles).

Los datos sobre digestibilidad deben basarse en valores medidos de los alimentos y forrajes dominantes en el consumo del ganado, considerando las variaciones estacionales. En general, la digestibilidad de los forrajes disminuye a medida que aumenta la madurez y, habitualmente, se reduce al mínimo durante la estación seca. Debido a su significativa variación, los coeficientes de digestibilidad deben obtenerse a partir de datos científicos locales, en tanto sea posible. A pesar de que un censo completo sobre digestibilidad se considera poco realista, como mínimo, deben consultarse los datos de estudios de investigación. Mientras se desarrollan los datos de digestibilidad, se deberán registrar también los respectivos datos de las características de los alimentos, si están disponibles, como los valores medidos de fibra detergente neutra (NDF, del inglés *neutral detergent fiber*), fibra detergente ácida (ADF, del inglés *acid detergent fiber*), proteína cruda, y la presencia de factores antinutricionales (p. ej., alcaloides, fenólicos, % de ceniza). La NDF y la ADF son características de los alimentos que se miden en laboratorio y que se utilizan para indicar el valor nutricional del alimento para el ganado rumiante. La determinación de estos valores permite predecir la DE según lo definido en un reciente *NRC Dairy* (2001). La concentración de proteína cruda en el alimento puede utilizarse en el proceso de estimación de la excreción de nitrógeno (Sección 10.5.2).

- **Porcentaje anual de producción de lana por ovino (kg año^{-1}):** Es necesario conocer la cantidad de lana producida en kilos (después de su secado, pero antes del lavado) para poder estimar la cantidad de energía destinada a la producción de lana.

CUADRO 10.2 DIGESTIBILIDAD ALIMENTARIA REPRESENTATIVA DE LAS DISTINTAS CATEGORÍAS DE GANADO		
Categorías principales	Clase	Digestibilidad (DE%)
Porcinos	1. Porcinos maduros - confinados	4. 70 - 80%
	2. Porcinos en crecimiento - confinados	5. 80 - 90%
	3. Porcinos – «a campo»	6. 50 - 70% ¹
Vacunos y otros rumiantes	7. Animales de corral alimentados con >90% de dieta concentrada;	10. 75 - 85%
	8. Animales alimentados con pasturas;	11. 55 - 75%
	9. Animales alimentados con forraje de baja calidad	12. 45 - 55%
Aves de corral	13. Pollos parrilleros - confinados	18. 85 - 93%
	14. Gallinas ponedoras - confinadas	19. 70 - 80%
	15. Aves de corral – «a campo»	20. 55 - 90% ¹
	16. Pavos - confinados	21. 85 - 93%
	17. Gansos - confinados	22. 80 - 90%
¹ El rango de digestibilidad de los alimentos consumidos por porcinos y aves criados «a campo» es extremadamente variable debido a la naturaleza selectiva de estas dietas. A menudo, es factible que la cantidad de estiércol producida por estas clases esté limitada por la cantidad de alimentos disponibles para el consumo y por su grado de digestibilidad. En instancias en las que el alimento no sea un factor limitante y en que haya fuentes de alimentos de alta calidad a disposición para el consumo, la digestibilidad puede aproximarse a valores similares a los medidos bajo condiciones de confinamiento.		

Cálculos de la energía bruta

Los datos sobre el comportamiento y la dieta animal se emplean para estimar la ingesta de alimentos, es decir, la cantidad de energía (MJ/día) que necesita un animal para su mantenimiento y para actividades tales como el crecimiento, la lactancia y la preñez. Para los compiladores de inventario que cuentan con métodos específicos del país, bien documentados y reconocidos para estimar la ingesta sobre la base de los datos del comportamiento animal, es una *buena práctica* emplear los métodos específicos del país. En la siguiente sección se suministran métodos para estimar la ingesta de energía bruta de las principales categorías de rumiantes: vacunos, búfalos y ovinos. Las ecuaciones listadas en el Cuadro 10.3 se utilizan para derivar esta estimación. Si no se dispone de métodos específicos del país, la ingesta debe calcularse empleando las ecuaciones que aparecen en el Cuadro 10.3. Como se muestra en el Cuadro, se usan distintas ecuaciones para estimar los requisitos de energía bruta de los ovinos respecto a la de los vacunos y búfalos. Las ecuaciones utilizadas para calcular la GE son las siguientes:

CUADRO 10.3 RESUMEN DE LAS ECUACIONES UTILIZADAS PARA ESTIMAR LA INGESTA BRUTA DIARIA EN VACUNOS, BÚFALOS Y OVINOS		
Funciones metabólicas y otras estimaciones	Ecuaciones para vacunos y búfalos	Ecuaciones para ovinos
Mantenimiento (NE_m)	Ecuación 10.3	Ecuación 10.3
Actividad (NE_a)	Ecuación 10.4	Ecuación 10.5
Crecimiento (NE_g)	Ecuación 10.6	Ecuación 10.7
Lactancia (NE_l)*	Ecuación 10.8	Ecuaciones 10.9 y 10.10:
Fuerza de tiro ($NE_{trabajo}$)	Ecuación 10.11	NA
Producción de lana (NE_{wool})	NA	Ecuación 10.12
Preñez (NE_p)*	Ecuación 10.13	Ecuación 10.13
Relación entre la energía neta disponible en la dieta para mantenimiento y la energía digerible consumida (REM, del inglés <i>ratio energy maintenance</i>)	Ecuación 10.14	Ecuación 10.14
Relación entre la energía neta disponible en la dieta para crecimiento y la energía digerible consumida (REG, del inglés <i>ratio energy growth</i>)	Ecuación 10.15	Ecuación 10.15
Energía bruta	Ecuación 10.16	Ecuación 10.16
Fuente: Ecuaciones para vacunos y búfalos basadas en <i>NRC</i> (1996) y para ovinos basadas en <i>AFCR</i> (1993). NA significa «no se aplica». * Se aplica solamente a la proporción de hembras con pariciones.		

Energía neta para mantenimiento: (NE_m) es la energía neta requerida para mantenimiento; es decir, la cantidad de energía necesaria para mantener a un animal en equilibrio sin que se gane ni se pierda energía corporal (Jurgen, 1988).

ECUACIÓN 10.3 ENERGÍA NETA PARA MANTENIMIENTO $NE_m = Cf_i \cdot (Peso)^{0,75}$

Donde:

NE_m = energía neta requerida por el animal para su mantenimiento, MJ día⁻¹

Cf_i = un coeficiente que varía para cada categoría de animales, como se indica en el Cuadro 10.4 (Coeficientes para calcular NE_m), MJ día⁻¹ kg⁻¹

Peso = peso vivo del animal, kg.

Energía neta para la actividad: (NE_a) es la energía neta para la actividad; es decir, la energía que necesitan los animales para obtener su alimento, agua y refugio. Se basa en su situación alimentaria más que en las características del alimento en sí. Como se muestra en el Cuadro 10.3, la ecuación para estimar NE_a para vacunos y búfalos es diferente a la utilizada para ovinos. Ambas ecuaciones son empíricas con diferentes definiciones para el coeficiente C_a .

ECUACIÓN 10.4
ENERGÍA NETA PARA ACTIVIDAD (PARA VACUNOS Y BÚFALOS)

$$NE_a = C_a \bullet NE_m$$

Donde:

NE_a = energía neta para la actividad animal, MJ día⁻¹

C_a = coeficiente correspondiente a la situación alimentaria del animal (Cuadro 10.5, Coeficientes de actividad)

NE_m = energía neta requerida por el animal para su mantenimiento (Ecuación 10.3), MJ día⁻¹

ECUACIÓN 10.5
ENERGÍA NETA PARA ACTIVIDAD (PARA OVINOS)

$$NE_a = C_a \bullet (\text{peso})$$

Donde:

NE_a = energía neta para la actividad animal, MJ día⁻¹

C_a = coeficiente correspondiente a la situación alimentaria del animal (Cuadro 10.5), MJ día⁻¹ kg⁻¹

peso = peso vivo del animal, kg.

En las Ecuaciones 10.4 y 10.5, el coeficiente C_a corresponde a una situación alimentaria representativa del animal, como se describiera antes. Los valores de C_a pueden verse en el Cuadro 10.5. Si se produjera una mezcla de estas situaciones alimentarias durante el año, NE_a debe ponderarse en consecuencia.

CUADRO 10.4 COEFICIENTES PARA CALCULAR LA ENERGÍA NETA PARA MANTENIMIENTO (NE_m)		
Categoría animal	C_f (MJ d⁻¹ kg⁻¹)	Comentarios
Vacunos/búfalos (vacas no en lactancia)	0,322	
Vacunos/búfalos (vacas en lactancia)	0,386	Este valor es un 20% más alto para mantenimiento durante la lactancia.
Vacunos/búfalos (toros)	0,370	Este valor es un 15% más alto para mantenimiento de machos enteros.
Ovinos (corderos de hasta 1 año)	0,236	Este valor puede incrementarse en un 15% para machos enteros.
Ovinos (de más de 1 año)	0,217	Este valor puede incrementarse en un 15% para machos enteros.
Fuente: NRC (1996) y AFRC (1993).		

CUADRO 10.5 COEFICIENTES DE ACTIVIDAD CORRESPONDIENTES A LA SITUACIÓN ALIMENTARIA DE LOS ANIMALES		
Situación	Definición	C _a
Vacunos y búfalos (la unidad para C_a no tiene dimensión)		
Compartimiento	Los animales están confinados en una pequeña superficie (es decir, amarrados, en caballerizas, en establo) de lo que resulta que gastan muy poca o ninguna energía en procura de alimento.	0,00
Pastura	Los animales están confinados en áreas con suficiente forraje, lo que exige un escaso gasto de energía en procura del alimento.	0,17
Grandes superficies de pastoreo	Los animales pastan a campo abierto o en terrenos accidentados y gastan una cantidad significativa de energía en procura de su alimento.	0,36
Ovinos (unidad para C_a = MJ d⁻¹ kg⁻¹)		
Ovejas en corral	Los animales están confinados debido a la preñez durante el trimestre final (50 días)	0,0090
Fuente: NRC (1996) y AFRC (1993).		

Energía neta para crecimiento: (NE_g) es la energía neta necesaria para el crecimiento (es decir, para ganar peso). La Ecuación 10.6 se basa en NRC (1996). La Ecuación 10.7 se basa en Gibbs *et al.* (2002). Se han incorporado a la ecuación constantes para la conversión de calorías en julios y de peso corporal vivo a reducido y vacío.

ECUACIÓN 10.6 ENERGÍA NETA PARA CRECIMIENTO (PARA VACUNOS Y BÚFALOS) $NE_g = 22,02 \cdot \left(\frac{BW}{C \cdot MW} \right)^{0,75} \cdot WG^{1097}$

Donde:

NE_a = energía neta para el crecimiento, MJ día⁻¹

BW = peso corporal vivo promedio (BW) de los animales de la población, kg

C = es un coeficiente con un valor de 0,8 para hembras, 1,0 para castrados y 1,2 para toros (NRC, 1996)

MW = peso corporal vivo y maduro de una hembra adulta en condición corporal moderada, kg

WG = aumento de peso diario promedio de los animales de la población, kg día⁻¹

ECUACIÓN 10.7 ENERGÍA NETA PARA CRECIMIENTO (PARA OVINOS) $NE_g = \frac{WG_{\text{cordero}} \cdot (a + 0,5b(BW_i + BW_f))}{365}$

Donde:

NE_a = energía neta para el crecimiento, MJ día⁻¹

WG_{cordero} = aumento de peso (BW_f – BW_i), kg año⁻¹

BW_i = peso corporal vivo al destete, kg

BW_f = peso corporal vivo al año de edad o al sacrificio (peso vivo) si se lo sacrifica antes del año de edad, kg

a, b = constantes según lo descrito en el Cuadro 10.6

Nótese que los corderos se van a destetar dentro de lapso de semanas a medida que complementen la dieta láctea con pastura o con alimento suministrado. Se tomará como fecha del destete aquella en la que dependan de la leche para la mitad de su suministro de energía.

La ecuación NE_g utilizada para los ovinos incluye dos constantes empíricas (a y b) que varían según las especies y categorías de los animales (Cuadro 10.6).

CUADRO 10.6 CONSTANTES A UTILIZAR EN EL CÁLCULO DE NE_g PARA OVINOS		
Categoría/especie animal	a (MJ kg ⁻¹)	b (MJ kg ⁻²)
Machos enteros	2,5	0,35
Castrados	4,4	0,32
Hembras	2,1	0,45
Fuente: AFRC (1993).		

Energía neta para lactancia: (NE_l) es la energía neta para la lactancia. Para vacunos y búfalos, la energía neta para lactancia se expresa como función de la cantidad de leche producida y su contenido graso expresado como porcentaje (p. ej., 4%) (NRC, 1989):

$$NE_l = Leche \cdot (1,47 + 0,40 \cdot Grasa)$$

Donde:

NE_l = energía neta para lactancia, MJ día⁻¹

Leche = cantidad de leche producida, kg de leche día⁻¹

Grasa = contenido graso de la leche, % por peso

Se presentan dos métodos para estimar la energía neta requerida para lactancia (NE_l) en ovinos. El primer método (Ecuación 10.9) se emplea cuando se conoce la cantidad de leche producida, y el segundo (Ecuación 10.8) cuando no se la conoce. Generalmente, se conoce la producción de leche de las ovejas que se crían para producción de leche a nivel comercial, pero se la desconoce para aquéllas que amamantan a sus crías hasta el destete. Cuando se conoce la cantidad de leche producida, el total producido en el año se divide por 365 días para estimar el promedio diario de producción de leche en kg/día (Ecuación 10.9). Cuando se desconoce la producción de leche, AFRC (1990) indica que para un nacimiento único, la producción de leche equivale aproximadamente a 5 veces el aumento de peso del cordero. Para nacimientos múltiples, el total de producción de leche anual puede estimarse como equivalente a cinco veces el aumento de peso de todos los corderos paridos por una única oveja. El promedio diario de producción de leche se estima dividiendo la estimación resultante por 365 días, como se indica en la Ecuación 10.10.

$$NE_l = Leche \cdot EV_{leche}$$

Donde:

NE_l = energía neta para lactancia, MJ día⁻¹

Leche = cantidad de leche producida, kg de leche día⁻¹

EV_{leche} = la energía neta requerida para producir 1 kg de leche. Se puede usar un valor por defecto de 4,6 MJ/kg (AFRC, 1993) que corresponde a un contenido graso de la leche del 7% de su peso

ECUACIÓN 10.10
ENERGÍA NETA PARA LACTANCIA OVINA (PRODUCCIÓN DE LECHE DESCONOCIDA)

$$NE_1 = \left[\frac{(5 \cdot WG_{destete})}{365} \right] \cdot EV_{leche}$$

Donde:

NE_1 = energía neta para lactancia, MJ día⁻¹

$WG_{destete}$ = aumento de peso del cordero desde el nacimiento hasta el destete, kg

EV_{milk} = la energía necesaria para producir 1 kg de leche, MJ kg⁻¹. Se puede usar un valor por defecto de 4,6 MJ kg⁻¹ (AFRC, 1993).

Energía neta para trabajo: ($NE_{trabajo}$) es la energía neta para el trabajo. Se emplea para estimar la energía requerida para la fuerza de tiro de vacunos y búfalos. Diversos autores han resumido los requisitos de ingesta para suministrar fuerza de tiro (p. ej., Lawrence, 1985; Bamualim y Kartiarso, 1985; e Ibrahim, 1985). El agotamiento que produzca el trabajo realizado por el animal influye sobre los requisitos de energía y, por consiguiente, se ha estimado toda una amplia gama de requerimientos de energía. Los valores señalados por Bamualim y Kartiarso señalan que aproximadamente es necesario un 10 por ciento de los requisitos diarios de NE_m por hora para el trabajo típico de los animales de tiro. Este valor se utiliza de la siguiente manera:

ECUACIÓN 10.11
ENERGÍA NETA PARA EL TRABAJO (PARA VACUNOS Y BÚFALOS)

$$NE_{trabajo} = 0,10 \cdot NE_m \cdot Horas$$

Donde:

$NE_{trabajo}$ = energía neta para el trabajo, MJ día⁻¹

NE_m = energía neta requerida por el animal para su mantenimiento (Ecuación 10.3), MJ día⁻¹

Horas = cantidad de horas de trabajo por día

Energía neta para la producción de lana: (NE_{lana}) es el promedio de energía neta diaria requerida para que las ovejas produzcan lana durante un año. El NE_{lana} se utiliza de la siguiente manera:

ECUACIÓN 10.12
ENERGÍA NETA PARA PRODUCIR LANA (PARA OVINOS)

$$NE_{lana} = \left(\frac{EV_{lana} \cdot Producción_{lana}}{365} \right)$$

Donde:

NE_{lana} = energía neta requerida para producir lana, MJ día⁻¹

EV_{lana} = el valor en energía de cada kg de lana producido (pesada después del secado pero antes del lavado), MJ kg⁻¹. Se puede usar un valor por defecto de 24 MJ kg⁻¹ (AFRC, 1993) para esta estimación.

$Producción_{lana}$ = producción anual de lana por ovino (kg año⁻¹)

Energía neta para la preñez: (NE_p) es la energía neta para la preñez. Para vacunos y búfalos, el total de requerimiento de energía para la preñez durante un período de gestación de 281 días, promediado para todo un año, se calcula como el 10% del NE_m . Para los ovinos, el requerimiento de NE_p se estima de manera similar para el período de gestación de 147 días, aunque el porcentaje varía con la cantidad de corderos nacidos (Cuadro 10.7, Constante a utilizar para el cálculo de NE_p en la Ecuación 10.13). En la Ecuación 10.13 se indica cómo se aplican estas estimaciones.

ECUACIÓN 10.13
ENERGÍA NETA PARA PREÑEZ (PARA VACUNOS, BÚFALOS Y OVINOS)

$$NE_p = C_{preñez} \bullet NE_m$$

Donde:

NE_a = energía neta para la preñez, MJ día⁻¹

$C_{preñez}$ = coeficiente de preñez (véase el Cuadro 10.7)

NE_m = energía neta requerida por el animal para su mantenimiento (Ecuación 10.3), MJ día⁻¹

CUADRO 10.7 CONSTANTES A UTILIZAR EN EL CÁLCULO DE NE_p EN LA ECUACIÓN 10.13	
Categoría animal	$C_{pregnancy}$
Vacunos y búfalos	0,10
Ovinos	
Nacimiento único	0,077
Nacimiento doble (mellizos)	0,126
Fuente: Estimación para vacunos y búfalos desarrollada a partir de datos de NRC (1996). Estimaciones para ovinos desarrolladas a partir de datos de AFRC (1993), teniendo en cuenta la ineficiencia de la conversión de energía.	

Cuando se usa la NE_p para calcular la GE para vacunos y ovinos, la estimación de NE_p debe ponderarse respecto a la cantidad de hembras maduras que realmente pasan por una gestación en un año dado. Por ejemplo, si el 80% de las hembras maduras de la categoría animal pare en un año, entonces se usaría el 80% del valor de NE_p en la siguiente ecuación de GE.

Para determinar el coeficiente adecuado para ovinos, es necesario contar con la porción de ovejas que han tenido pariciones únicas, dobles y triples para estimar un valor promedio de $C_{preñez}$. Si no se dispone de estos datos, el coeficiente se puede calcular del siguiente modo:

- Si la cantidad de corderos nacidos en un año dividido por la cantidad de ovejas preñadas en un año es menor o igual a 1,0, entonces se puede usar el coeficiente para nacimientos únicos.
- Si la cantidad de corderos nacidos en un año dividido por la cantidad de ovejas preñadas en un año es mayor que 1,0 y menor que 2,0, el coeficiente se calcula de la siguiente manera.

$$C_{preñez} = [(0,126 \bullet \text{Fracción de nacimientos dobles}) + (0,077 \bullet \text{Fracción de nacimientos triples})]$$

Donde:

$$\text{Fracción de nacimientos dobles} = [\text{corderos nacidos} / \text{ovejas preñadas}] - 1]$$

$$\text{Fracción de nacimientos únicos} = [1 - \text{Fracción de nacimientos dobles}]$$

Relación entre la energía neta disponible en la dieta para mantenimiento y la energía digerible consumida (REM): En cuanto a vacunos, búfalos y ovinos, la relación entre la energía neta disponible en una dieta para mantenimiento y la energía digerible consumida (REM) se estima empleando la siguiente ecuación (Gibbs y Johnson, 1993):

ECUACIÓN 10.14
RELACIÓN ENTRE LA ENERGÍA DISPONIBLE EN UNA DIETA PARA MANTENIMIENTO Y LA ENERGÍA DIGERIBLE CONSUMIDA

$$REM = \left[1123 - (4\,092 \cdot 10^{-3} \cdot DE\%) + \left[1126 \cdot 10^{-5} \cdot (DE\%)^2 \right] - \left(\frac{25,4}{DE\%} \right) \right]$$

Donde:

REM = relación entre la energía neta disponible en una dieta para mantenimiento y la energía digerible consumida

DE% = energía digerible expresada como porcentaje de la energía bruta

Relación entre la energía neta disponible en una dieta para crecimiento y la energía digerible consumida (REG): En cuanto a vacunos, búfalos y ovinos, la relación entre la energía neta disponible para crecimiento (incluyendo el crecimiento de lana) y la energía digerible consumida (REG) se estima empleando la siguiente ecuación (Gibbs y Johnson, 1993):

ECUACIÓN 10.15
RELACIÓN ENTRE LA ENERGÍA DISPONIBLE EN UNA DIETA PARA CRECIMIENTO Y LA ENERGÍA DIGERIBLE CONSUMIDA

$$REG = \left[1164 - (5\,160 \cdot 10^{-3} \cdot DE\%) + \left[1\,308 \cdot 10^{-5} \cdot (DE\%)^2 \right] - \left(\frac{37,4}{DE\%} \right) \right]$$

Donde:

REG = relación entre la energía neta disponible en la dieta para crecimiento y la energía digerible consumida

DE% = energía digerible expresada como porcentaje de la energía bruta

Energía bruta, GE: Como se muestra en la Ecuación 10.16, el requerimiento de GE se deriva sobre la base de la suma de los requerimientos de energía neta y las características de disponibilidad de energía del (de los) alimento(s). La Ecuación 10.16 representa una *buena práctica* para calcular los requerimientos de GE de vacunos y ovinos empleando los resultados de las ecuaciones presentadas antes.

En el uso de la Ecuación 10.16, sólo se utilizan los términos correspondientes a cada categoría animal (véase el Cuadro 10.3).

ECUACIÓN 10.16
ENERGÍA BRUTA PARA VACUNOS, BÚFALOS Y OVINOS)

$$GE = \left[\frac{\left(\frac{NE_m + NE_a + NE_1 + NE_{trabajo} + NE_p}{REM} \right) + \left(\frac{NE_g + NE_{lana}}{REG} \right)}{\frac{DE\%}{100}} \right]$$

Donde:

GE = energía bruta, MJ día⁻¹

NE_m = energía neta requerida por el animal para su mantenimiento (Ecuación 10.3), MJ día⁻¹

NE_a = energía neta para la actividad animal (Ecuaciones 10.4 y 10.5), MJ día⁻¹

NE_a = energía neta para lactancia (Ecuaciones 10.8, 10.9 y 10.10), MJ día⁻¹

NE_{trabajo} = energía neta para el trabajo (Ecuación 10.11), MJ día⁻¹

NE_a = energía neta requerida para la preñez (Ecuación 10.13), MJ día⁻¹

REM = relación entre la energía neta disponible en una dieta para mantenimiento y la energía digerible consumida (Ecuación 10.14)

NE_a = energía neta para el crecimiento (Ecuaciones 10.6 y 10.7), MJ día⁻¹

NE_{lana} = energía neta requerida para producir un año de lana (Ecuación 10.12), MJ día⁻¹

REG = relación entre la energía neta disponible en una dieta para crecimiento y la energía digerible consumida (Ecuación 10.15)

DE% = energía digerible expresada como porcentaje de la energía bruta

Una vez calculados los valores de GE para cada subcategoría animal, debe calcularse también la ingesta de alimento en kilos de materia seca por día (kg día⁻¹). Para convertir de GE en unidades de energía a ingesta de materia seca (DMI, del inglés *dry matter intake*), dividir GE por la densidad de energía del alimento. Se puede utilizar un valor por defecto de 18,45 MJ kg⁻¹ de materia seca si no se dispone de información específica sobre el alimento. La ingesta diaria de materia seca resultante debe ser del orden del 2 al 3% del peso corporal de los animales maduros o en crecimiento. En vacas lecheras de alta producción, las ingestas pueden superar el 4% del su peso corporal.

Estimaciones de ingesta de alimentos empleando un método de Nivel 2 simplificado

Predicción de la DMI para ganado sobre la base de peso corporal y de la concentración dietaria de energía neta (NE_{ma}) o de los valores de energía digerible (DE%): también es posible predecir la ingesta de materia seca en ganado maduro y en crecimiento sobre la base del peso corporal del animal y la concentración del alimento NE_{ma} (NRC, 1996) o DE%. La concentración dietaria NE_{ma} puede oscilar entre los 3,0 y 9,0 MJ kg⁻¹ de materia seca. Los valores típicos de las dietas de alta, moderada y baja calidad se presentan en el Cuadro 10.8. Estos valores se pueden utilizar también para estimar los valores de NE_{ma} de dietas mixtas basadas en la estimación de la calidad de las dietas. Por ejemplo, se podría suponer que una dieta mixta de forraje y grano tiene un valor de NE_{ma} similar al de una dieta de forraje de alta calidad. Se podría suponer que una dieta mixta de grano y paja tiene un valor de NE_{ma} similar al de una dieta de forraje de moderada calidad. Los nutricionistas de cada zona geográfica específica deben poder brindar asesoramiento respecto a la selección de valores de NE_{ma} que sean representativos de las dietas que se emplean localmente.

La ingesta de materia seca en ganado en crecimiento y en terminación se estima utilizando la siguiente ecuación:

ECUACIÓN 10.17

ESTIMACIÓN DE LA INGESTA DE MATERIA SECA PARA GANADO EN CRECIMIENTO Y EN TERMINACIÓN

$$DMI = BW^{0,75} \cdot \left[\frac{(0,2444 \cdot NE_{ma} - 0,0111 \cdot NE_{ma}^2 - 0,472)}{NE_{ma}} \right]$$

Donde:

DMI = ingesta de materia seca, kg día⁻¹

BW = peso corporal en pie, kg

NE_{ma} = concentración de energía neta dietaria estimada o valores por defecto del Cuadro 10.8, MJ kg⁻¹

La ingesta de materia seca en ganado maduro se estima utilizando la siguiente ecuación:

ECUACIÓN 10.18a

ESTIMACIÓN DE LA INGESTA DE MATERIA SECA PARA GANADO MADURO

$$DMI = BW^{0,75} \cdot \left[\frac{(0,0119 \cdot NE_{ma}^2 + 0,1938)}{NE_{ma}} \right]$$

Donde:

DMI = ingesta de materia seca, kg día⁻¹

BW = peso corporal en pie, kg

NE_{ma} = concentración de energía neta dietaria estimada o valores por defecto proporcionados en el Cuadro 10.8, MJ kg⁻¹

En el caso de las vacas lecheras maduras que consuman forrajes de baja calidad, a menudo en zonas tropicales, se puede emplear la siguiente ecuación alternativa para estimar la ingesta de materia seca sobre la base del DE% (NCR, 1989):

ECUACIÓN 10.18b
ESTIMACIÓN DE LA INGESTA DE MATERIA SECA PARA VACAS LECHERAS MADURAS

$$DMI = \left[\frac{\left(\frac{(5,4 \cdot BW)}{500} \right)}{\left(\frac{(100 - DE\%)}{100} \right)} \right]$$

Donde:

DMI = ingesta de materia seca, kg día⁻¹

BW = peso corporal en pie, kg

DE% = energía digerible expresada como porcentaje de la energía bruta (habitualmente, entre 45 y 55% para forrajes de baja calidad)

Las ecuaciones 10.17, 10.18a y 10.18b constituyen un buen elemento de verificación para la predicción de la ingesta alimentaria usando el método principal de Nivel 2. Se las puede considerar como si se preguntara «¿cuál es la ingesta esperable para una calidad de dieta dada?» y utilizarlas para predecir la DMI a partir del BW y de la calidad de la dieta (NE_{ma} o DE%). Por contraste, el método principal del Nivel 2 predice la DMI sobre la base de cuánto alimento se debe consumir para cumplir con los requisitos estimados (es decir, NE_m y NE_g) y no considera la capacidad biológica del animal para, de hecho, consumir la cantidad prevista de alimentos. Por ende, el método simplificado de Nivel 2 se puede utilizar para confirmar que los valores de DMI derivados del método principal de Nivel 2 son biológicamente realistas. Estas estimaciones también están sujetas a la verificación cruzada de que la ingesta de materia seca debería ser del orden del 2 al 3% del peso corporal de los animales maduros o en crecimiento.

CUADRO 10.8 EJEMPLOS DE CONTENIDO DE NE_{ma} DE LAS DIETAS TÍPICAS CON QUE SE ALIMENTA AL GANADO VACUNO PARA LA ESTIMACIÓN DE LA INGESTA DE MATERIA SECA EN LAS ECUACIONES 10.17 Y 10.18	
Tipo de dieta	NE_{ma} (MJ (kg materia seca)⁻¹)
Dieta alta en granos > 90%	7,5 – 8,5
Forraje de alta calidad (p. ej., leguminosas y hierbas)	6,5 – 7,5
Forraje de moderada calidad (p. ej., leguminosas y hierbas de media estación)	5,5 – 6,5
Forraje de baja calidad (p. ej., paja, hierbas maduras)	3,5 – 5,5
Fuente: Estimaciones obtenidas a partir de modelos predictivos en NCR (1996); la NE _{ma} también se puede estimar utilizando la siguiente ecuación: NE _{ma} = REM x 18,45 x DE% / 100.	

10.2.3 Evaluación de incertidumbre

El primer paso para recabar datos debe ser una investigación de las estadísticas nacionales existentes, fuentes industriales, estudios de investigación y estadísticas de la FAO. La incertidumbre asociada a la población varía significativamente según la fuente, pero se deberá considerar que es de ±20%. A menudo, las estadísticas nacionales de población de ganado ya llevan asociadas estimaciones de incertidumbre, en cuyo caso deben utilizarse estas últimas. Si no se dispone de datos publicados de estas fuentes, se pueden realizar entrevistas con

expertos clave de la industria y del ámbito académico. Las estimaciones de digestibilidad son también particularmente importantes en las estimaciones de Nivel 2 de la ingesta de energía bruta. La incertidumbre en las estimaciones de digestibilidad puede llegar a ser de hasta $\pm 20\%$. En el Volumen 1, Capítulo 3 (Incertidumbres) se describe cómo obtener dictámenes de expertos en cuanto a rangos de incertidumbre. Se pueden emplear protocolos similares de elección de expertos para obtener la información requerida para la caracterización del ganado si no se dispone de datos o estadísticas publicados.

10.2.4 Caracterización del ganado sin métodos de estimación de emisiones específicas

En algunos países, se ha domesticado ganado para el cual no existen, por el momento, métodos de Niveles 1 o 2 para la estimación de emisiones (p. ej., llamas, alpacas, wapitis, emús y avestruces). Una *buena práctica* para la estimación de emisiones provocadas por este ganado es evaluar, en primer lugar, si es factible que sus emisiones sean lo suficientemente significativas como para justificar su caracterización y el desarrollo de factores de emisión específicos del país. En el Volumen 1, Capítulo 4 (Opción metodológica e identificación de categorías principales) se ofrece orientación para determinar la importancia de categorías fuente individuales dentro del inventario nacional. Se pueden emplear métodos similares para evaluar la importancia de las categorías de subfuente (es decir, especies) dentro de una categoría de fuente. Si se determina que las emisiones de una subespecie en particular son significativas, deben desarrollarse factores específicos del país y se realizará una caracterización que sirva de apoyo para el desarrollo de los factores de emisión. Se debe alentar a que se realice investigación respecto a la estimación de niveles de emisión de estas especies no caracterizadas. Los datos y métodos empleados en la caracterización de animales deben estar bien documentados.

Ya que no se dispone de métodos de estimación de emisiones para estos animales, los factores de emisión aproximados basados en «cálculos por orden de magnitud» resultan apropiados para evaluar la significación de sus emisiones. Un método para el desarrollo de factores de emisión aproximados es usar el factor de emisión de Nivel 1. Los factores de emisión de Nivel 1 se pueden clasificar según los sistemas digestivos de la siguiente manera:

- Rumiantes: vacunos, búfalos, ovinos, caprinos, camélidos
- Herbívoros no rumiantes: caballos, mulas/asnos
- Aves de corral: pollos, patos, pavos, gansos
- Monogástricos no avícolas: porcinos

Por ejemplo, se podría estimar un factor aproximado de emisión de metano por fermentación entérica para alpacas a partir del factor de emisión de los ovinos (también animales rumiantes) de la siguiente manera:

$$\text{Factor de emisión aproximado} = [(\text{peso de la alpaca}) / (\text{peso ovino})]^{0,75} \cdot \text{factor de emisión de ovinos}$$

De manera similar, se podría estimar un factor aproximado de emisión de metano por estiércol para avestruces, empleando el factor de emisión de Nivel 1 para pollos. Los factores aproximados de emisión desarrollados mediante este método sólo se pueden emplear para determinar la importancia de las emisiones de los animales y no se consideran lo suficientemente exactos como para estimar las emisiones como parte de un inventario nacional.

10.3 EMISIONES DE METANO A PARTIR DE LA FERMENTACIÓN ENTÉRICA

El metano se produce en los herbívoros como subproducto de la fermentación entérica, un proceso digestivo por el cual los micro-organismos descomponen los carbohidratos en moléculas simples para la absorción en el flujo sanguíneo). La cantidad de metano que se libera depende del tipo de tracto digestivo, la edad y el peso del animal, así como de la calidad y la cantidad del alimento consumido. Los rumiantes (p. ej., vacunos, ovinos) son fuentes importantes de metano con cantidades moderadas producidas por no rumiantes (p. ej., porcinos, equinos). La estructura intestinal de los rumiantes favorece una importante fermentación entérica de su dieta.

Sistema digestivo

El tipo de sistema digestivo tiene una influencia significativa en la tasa de emisión de metano. Los rumiantes tienen una cámara expansiva, el rumen, en la parte delantera de su tracto digestivo, donde se produce una fermentación microbiana intensiva de su dieta, lo que les significa varias ventajas nutricionales, incluida la capacidad de digerir celulosa. Los principales animales rumiantes son los vacunos, búfalos, caprinos, ovinos, cérvidos y camélidos. El ganado no rumiante (caballos, mulas, asnos) y el monogástrico (porcinos) tienen emisiones de metano relativamente menores porque la fermentación productora de metano que tiene lugar en sus sistemas digestivos es mucho menor.

Ingesta alimentaria

El metano se produce por la fermentación de los alimentos dentro del sistema digestivo del animal. Por lo general, cuanto mayor es la ingesta alimentaria, mayor es la emisión de metano. No obstante, la magnitud de la producción de metano también puede verse afectada por la composición de la dieta. La ingesta alimentaria tiene relación directa con el tamaño del animal, su tasa de crecimiento y su producción (p. ej., producción de leche, crecimiento de la lana, o preñez).

A fin de reflejar la variación en las tasas de emisión entre las especies animales, la población de éstos debe clasificarse en subgrupos, y estimarse una tasa de emisión por animal para cada subgrupo. Los tipos de subgrupos de población se encuentran en la Sección 10.2 (Población de ganado y caracterización de los alimentos). La cantidad de metano emitida por un subgrupo de la población se calcula multiplicando la tasa de emisión por animal por la cantidad de animales del subgrupo.

Los rumiantes salvajes no se consideran en la derivación de la estimación de emisión del país. Sólo se deben considerar las emisiones de animales bajo gestión doméstica (p. ej., ciervos, alces y búfalos de criadero).

10.3.1 Elección del método

Constituye una *buena práctica* seleccionar el método para estimar las emisiones de metano producidas por fermentación entérica según el árbol de decisiones de la Figura 10.2. El método para estimar la emisión de metano por fermentación entérica requiere tres pasos básicos:

Paso 1: dividir a la población de ganado en subgrupos y caracterizar cada subgrupo según lo descrito en la Sección 10.2. Se recomienda que los expertos nacionales utilicen promedios anuales estimados teniendo presente el impacto de los ciclos de producción y de las influencias estacionales en la cantidad de ejemplares.

Paso 2: estimar los factores de emisión para cada subgrupo en función de los kilos de metano por animal por año.

Paso 3: multiplicar los factores de emisión de los subgrupos por la cantidad de ejemplares de los subgrupos para estimar la emisión de cada uno, y sumar lo de todos los subgrupos para estimar la emisión total.

Estos tres pasos se pueden llevar a cabo con distintos niveles de detalle y complejidad. En este capítulo se presentan los siguientes tres métodos:

Nivel 1

Un método simplificado que se basa en factores de emisión por defecto obtenidos de la bibliografía o calculados utilizando una metodología más detallada de Nivel 2. Es factible que el método de Nivel 1 sea apropiado para la mayoría de las especies animales en países en los que la fermentación entérica no sea una categoría de fuente principal o donde no se disponga de datos de caracterización mejorados. Cuando las emisiones entéricas aproximadas se derivan mediante la extrapolación de las principales categorías de ganado, se las debe considerar como correspondientes a un método de Nivel 1.

Nivel 2

Un método más complejo que requiere datos detallados y específicos del país referido a ingesta de energía bruta y a factores de conversión en metano para categorías específicas de ganado. El método de Nivel 2 debe utilizarse si la fermentación entérica es una categoría de fuente principal para la categoría de animales que representa una gran parte de las emisiones totales del país.

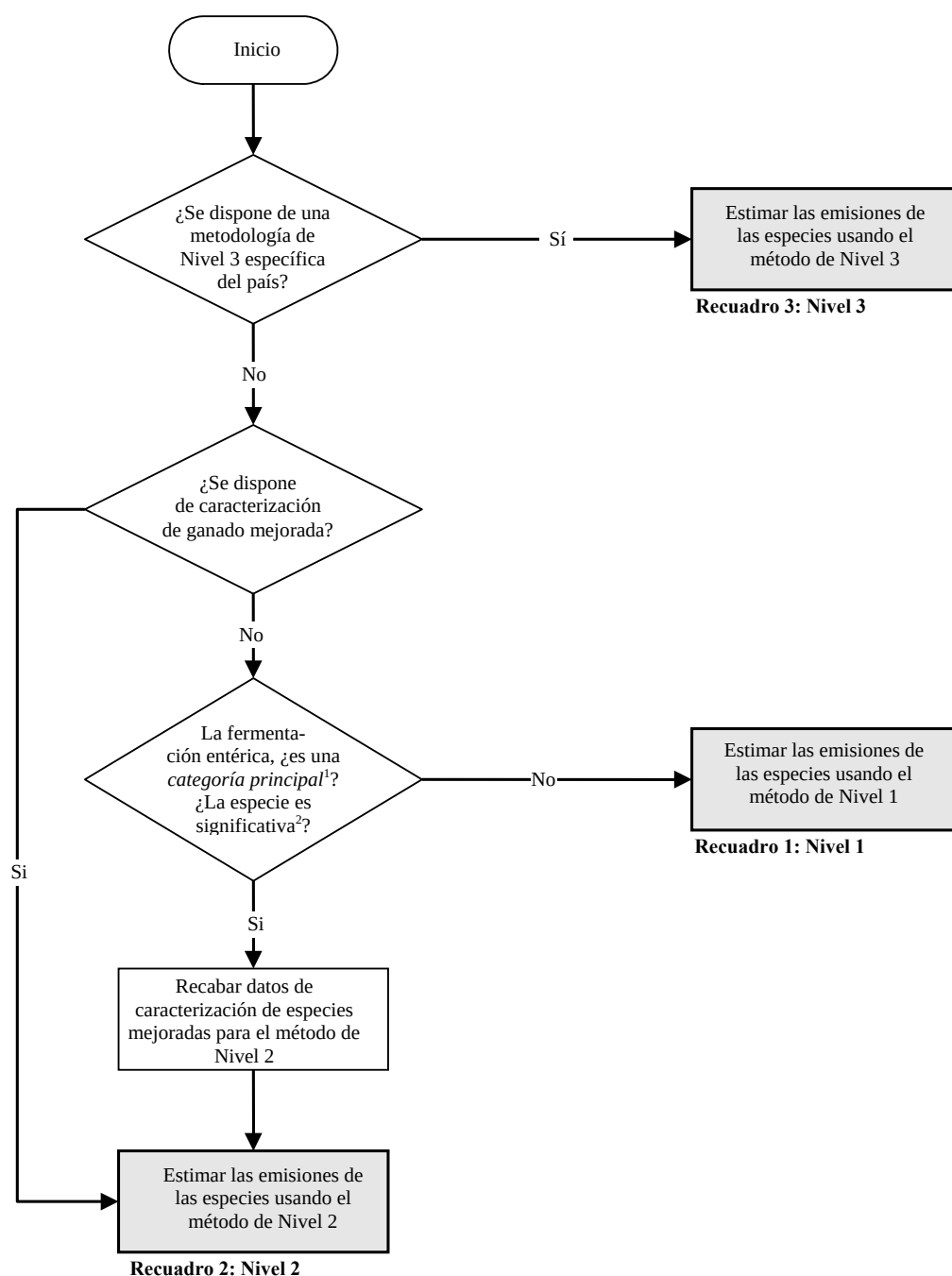
Nivel 3

Algunos países en los que las emisiones del ganado sean particularmente importantes pueden desear ir más allá del método de Nivel 2 e incorporar información adicional y específica del país en sus estimaciones. Este método podría implicar el desarrollo de modelos sofisticados en los que se considere la composición de la dieta en detalle, la concentración de productos resultado de la fermentación en los rumiantes, las variaciones estacionales de la población animal o de la calidad y disponibilidad de alimentos, y las posibles estrategias de mitigación. Muchas de estas estimaciones se derivarían de mediciones experimentales directas. Aunque se alienta a los países a ir más allá del método de Nivel 2 que se presenta a continuación, siempre que se disponga de datos, estos análisis más complejos sólo se analizan brevemente en ese trabajo. Un método de Nivel 3 debe estar sujeto a un alto grado de revisiones por parte de pares del ámbito internacional, como las que se realizan en las publicaciones revisadas por partes, para garantizar que mejoran la exactitud y/o la precisión de las estimaciones.

Se alienta a los países con grandes poblaciones de especies de animales domesticados respecto a los cuales no hay factores de emisión por defecto del IPCC (p. ej., llamas y alpacas) a que desarrollen métodos nacionales similares al método de Nivel 2 y basados en trabajos de investigación bien documentada (si se determina que las emisiones de este ganado son significativas). Para mayor información, el método se describe en la Sección 10.2.4 bajo el título «Caracterización del ganado sin métodos de estimación de emisiones específicas de la especie».

En el Cuadro 10.9 se resumen los métodos sugeridos para las emisiones de ganado incluidas en este inventario.

Figura 10.2 **Árbol de decisiones para las emisiones de CH₄ resultantes de la fermentación entérica**



Nota:

1: Véase el Volumen 1, Capítulo 4, «Opción metodológica e identificación de categorías principales» (principalmente la sección 4.1.2 relativa a los recursos limitados) para el análisis de las *categorías principales* y el uso de los árboles de decisión.

2: Como regla general, una especie de ganado será significativa si es la que produce un 25-30% o más de las emisiones de la categoría fuente.

10.3.2 Elección de los factores de emisión

Método de Nivel 1 para emisiones de metano por fermentación entérica

Este método de Nivel 1 está simplificado de manera que sólo se necesiten datos de la población animal fácilmente asequibles para estimar las emisiones. Se presentan factores de emisión por defecto para cada uno de los subgrupos de población recomendados. A su vez, se analiza cada uno de los pasos.

Paso 1: población animal

Los datos de la población animal deben obtenerse empleando el método descrito en la Sección 10.2.

Paso 2: factores de emisión

El propósito de este paso es seleccionar los factores de emisión que resulten más adecuados a las características del ganado del país. Los factores de emisión por defecto por fermentación entérica se han obtenido de estudios previos y están organizados por región para facilitar su utilización.

Los datos utilizados para estimar los factores de emisión por defecto para fermentación entérica se presentan en el Anexo 10A.1 al final de esta sección.

CUADRO 10.9 MÉTODOS SUGERIDOS PARA EL INVENTARIO DE EMISIONES POR FERMENTACIÓN ENTÉRICA	
Ganado	Métodos sugeridos para el inventario de emisiones
Vacas lecheras	Nivel 2 ^a /Nivel 3
Otros vacunos	Nivel 2 ^a /Nivel 3
Búfalo	Nivel 1/ Nivel 2
Ovinos	Nivel 1/ Nivel 2
Caprino	Nivel 1
Camélidos	Nivel 1
Equinos	Nivel 1
Mulas y asnos	Nivel 1
Porcinos	Nivel 1
Aves de corral	No desarrollado
Otros (p. ej., llamas, alpacas, ciervos)	Nivel 1
^a Se recomienda el método de Nivel 2 para países con grandes poblaciones de ganado. Puede ser deseable aplicar el método de Nivel 2 a subgrupos de ganado adicionales cuando las emisiones de la categoría constituyen una gran parte de las emisiones totales de metano del país.	

En el Cuadro 10.10 se muestran los factores de emisión por fermentación entérica para cada una de las especies animales, a excepción del ganado vacuno. Como aparece en el cuadro, los factores de emisión para ovinos y porcinos son diferentes para los países desarrollados y en desarrollo. Las diferencias en los factores de emisión están producidas por diferencias en la ingesta alimentaria y por supuestos en cuanto a las características de la alimentación (véase el Anexo 10A.1). En el Cuadro 10.11 se presentan los factores de emisión por fermentación entérica para el ganado vacuno. Se muestra toda una gama de factores de emisión para condiciones regionales típicas. Como se muestra en el cuadro, los factores de emisión varían en un factor de hasta más de cuatro por cabeza.

Aunque los factores de emisión por defecto indicados en el Cuadro 10.11 representan de forma amplia las tasas de emisión dentro de cada una de las regiones descritas, varían dentro de cada región. El tamaño de los animales y su producción de leche son factores determinantes importantes de las tasas de emisión en vacas lecheras. Las vacas lecheras relativamente más pequeñas y con bajos niveles de producción se encuentran en Asia, África y el subcontinente indio. Las vacas lecheras relativamente más grandes y con altos niveles de producción se encuentran en América del Norte y en Europa Occidental.

El tamaño de los animales y su estructura de población son importantes factores determinantes de las tasas de emisión en otros vacunos. Los vacunos relativamente más pequeños se encuentran en Asia, África y el subcontinente indio. Además, muchos de los ejemplares vacunos no lecheros de estas regiones son jóvenes. Los vacunos no lecheros de América del Norte, Europa Occidental y Oceanía son de mayor tamaño y los ejemplares jóvenes constituyen una parte más pequeña de la población.

Para seleccionar factores de emisión de los Cuadros 10.10 y 10.11, se debe identificar la región más aplicable al país a evaluar. Examinar cuidadosamente las tabulaciones del Anexo 10A.1 para asegurarse de que las características subyacentes de los animales, tales como peso, tasa de crecimiento y producción de leche, utilizadas para desarrollar los factores de emisión son similares a las condiciones del país. Deben utilizarse los datos recabados respecto al promedio de producción anual de leche por parte de las vacas lecheras como ayuda para seleccionar un factor de emisión para vacas lecheras. Si resulta necesario, interpolar entre los factores de emisión para vacas lecheras indicados en el cuadro empleando los datos recopilados sobre producción promedio anual de leche por cabeza.

Es de hacer notar que el uso de los mismos factores de emisión de Nivel 1 para los inventarios de los sucesivos años significa que no se están teniendo en cuenta los cambios en la productividad del ganado, como el incremento de la productividad lechera o las tendencias del peso en pie. Si es importante considerar la tendencia en la emisión de metano que se produce por las tendencias en la productividad del ganado, entonces las emisiones de éste se pueden convertir en una categoría de fuente principal basada en tendencias y se debe usar un cálculo de Nivel 2.

CUADRO 10.10
FACTORES DE EMISIÓN POR FERMENTACIÓN ENTÉRICA PARA EL MÉTODO DE NIVEL 1¹
(KG CH₄ CABEZA⁻¹ AÑO⁻¹)

Ganado	Países desarrollados	Países en desarrollo	Peso en pie
Búfalo	55	55	300 kg
Ovinos	8	5	65 kg – países desarrollados; 45 kg – países en desarrollo;
Caprino	5	5	40 kg
Camélidos	46	46	570 kg
Equinos	18	18	550 kg
Mulas y asnos	10	10	245 kg
Ciervos	20	20	120 kg
Alpacas	8	8	65 kg
Porcinos	1,5	1,0	
Aves de corral	Datos insuficientes para el cálculo	Datos insuficientes para el cálculo	
Otros (p. ej., llamas)	A determinar ¹	A determinar ¹	

Todas las estimaciones llevan una incertidumbre de ±30-50%.

Fuentes: Factores de emisión para búfalos y camélidos de Gibbs y Johnson (1993). Factores de emisión para otros tipos de ganado Crutzen *et al.*, (1986), Alpacas de Pinares-Patino *et al.*, 2003; Ciervos de Clark *et al.*, 2003.

¹ Un método para el desarrollo de factores de emisión aproximados es usar el factor de emisión de Nivel 1. Los valores de peso en pie se incluyeron con este propósito. Los factores de emisión deben derivarse sobre la base de las características del ganado y de los alimentos de interés, y no deben restringirse únicamente a las características de la región.

Paso 3: emisión total

Para estimar la emisión total, los factores de emisión seleccionados se multiplican por la población animal asociada (Ecuación 10.19) y se suman (Ecuación 10.20):

ECUACIÓN 10.19
EMISIONES POR FERMENTACIÓN ENTÉRICA DE UNA CATEGORÍA DE GANADO

$$Emisiones = EF_{(T)} \cdot \left(\frac{N_{(T)}}{10^6} \right)$$

Donde:

Emissions = emisiones de metano por fermentación entérica, Gg CH₄ año⁻¹

EF_(T) = factor de emisión para la población de ganado definida, kg CH₄ cabeza⁻¹ año⁻¹

N_(T) = la cantidad de cabezas de ganado de la especie/categoría T del país

T = especie/categoría de ganado

ECUACIÓN 10.20
EMISIONES TOTALES POR FERMENTACIÓN ENTÉRICA DEL GANADO

$$\text{Total CH}_{4\text{Entérica}} = \sum_i E_i$$

Donde:

Total CH_{4Entérica} = emisiones totales de metano por fermentación entérica, Gg CH₄ año⁻¹

E_i = emisiones de las *i*th categorías y subcategorías de ganado

CUADRO 10.11
FACTORES DE EMISIÓN POR FERMENTACIÓN ENTÉRICA DE NIVEL 1 PARA GANADO VACUNO¹

Características regionales	Categoría de ganado	Factor de emisión ² (kg CH ₄ cabeza ⁻¹ año ⁻¹)	Comentarios
América del Norte: sector lechero comercializado de alta productividad con alimentación de forraje y grano de alta calidad. Planteles de ganado de carne por separado, fundamentalmente a pastoreo y suplementos alimentarios estacionales. Novillos/vaquillonas para carne de rápido crecimiento terminados en corral con granos. Las vacas lecheras constituyen una pequeña parte de la población.	Lechero	121	Promedio de producción de leche de 8 400 kg cabeza ⁻¹ año ⁻¹ .
	Otros vacunos	53	Incluye vacas, toros, terneros y novillos/vaquillonas de engorde para carne y ganado alimentado a corral.
Europa Occidental: sector lechero comercializado de alta productividad con alimentación de forraje y grano de alta calidad. Vacas lecheras utilizadas también para producción de terneros para carne. Hato muy pequeño especializado en vacunos para carne. Pequeña cantidad de alimentación en corral con granos.	Lechero	109	Promedio de producción de leche de 6 000 kg cabeza ⁻¹ año ⁻¹ .
	Otros vacunos	57	Incluye toros, terneros y novillos/vaquillonas de engorde.
Europa Oriental: sector lechero comercializado con alimentación principalmente de forrajes. Hato de vacunos para carne por separado, fundamentalmente bajo pastoreo. Pequeña cantidad de alimentación en corral con granos.	Lechero	89	Promedio de producción de leche de 2 550 kg cabeza ⁻¹ año ⁻¹ .
	Otros vacunos	58	Incluye vacas, toros y ganado joven para carne.
Oceanía: sector lechero comercializado en base a pastoreo. Plantel de ganado de carne por separado, fundamentalmente en tierras de pastoreo con alta diversidad en su calidad. Cantidad cada vez mayor de alimentación en corral con granos. Las vacas lecheras constituyen una pequeña parte de la población.	Lechero	81	Promedio de producción de leche de 2 200 kg cabeza ⁻¹ año ⁻¹ .
	Otros vacunos	60	Incluye vacas, toros y ganado joven para carne.
América Latina: sector lechero comercializado en base a pastoreo. Hato de vacuno por separado en pasturas y tierras de pastoreo. Pequeña cantidad de alimentación en corral con granos. El ganado no lechero para engorde constituye una gran parte de la población.	Lechero	63	Producción promedio de leche de 800 kg cabeza ⁻¹ año ⁻¹ .
	Otros vacunos	56	Incluye vacas, toros y animales jóvenes para carne.
Asia: pequeño sector lechero comercializado. La mayoría del ganado es multipropósito; sirve para tiro y para producción de leche en regiones agrícolas. Pequeña población en pastoreo. El ganado, en todos sus tipos, es de menor tamaño que el que se encuentra en las demás regiones.	Lechero	61	Producción promedio de leche de 1 650 kg cabeza ⁻¹ año ⁻¹ .
	Otros vacunos	47	Incluye vacas, toros y animales jóvenes multipropósito.
África y Oriente Medio: sector lechero comercializado en base a pastoreo y con baja producción de leche por vaca. La mayoría del ganado es multipropósito; sirve para tiro y para producción de leche en regiones agrícolas. Hay parte del ganado que pastorea en superficies muy grandes. El ganado es de menor tamaño que el que se encuentra en la mayoría de las regiones.	Lechero	40	Producción promedio de leche de 475 kg cabeza ⁻¹ año ⁻¹ .
	Otros vacunos	31	Incluye vacas, toros y animales jóvenes multipropósito.
Subcontinente indio: sector lechero comercializado en base a alimentación con subproductos agrícolas y con baja producción de leche por vaca. La mayoría de los bueyes sirven como animales de tiro y las vacas proveen algo de leche en las regiones agrícolas. Pequeña población en pastoreo. El ganado de esta región es el más pequeño en comparación con el de todas las demás regiones.	Lechero	51	Producción promedio de leche de 900 kg cabeza ⁻¹ año ⁻¹ .
	Otros vacunos	27	Incluye vacas, toros y animales jóvenes. Los animales jóvenes constituyen una gran parte de la población.

¹ Los factores de emisión deben derivarse sobre la base de las características del ganado y de los alimentos de interés, y no es necesario que se restrinjan únicamente a las características de la región.

² Grupo de Expertos del IPCC; los valores representan promedios dentro de la región. Donde corresponda, se alienta a utilizar datos regionales más específicos de producción de leche. Los valores existentes se derivaron empleando el método de Nivel 2 y los datos de los Cuadros 10.A.1 y 10.A. 2.

Método de Nivel 2 para emisiones de metano por fermentación entérica

El método de Nivel 2 se aplica a categorías de población de ganado más desagregadas y se emplea para calcular factores de emisión y no valores por defecto. Los principales elementos a considerar en cuanto al método de Nivel 2 son el desarrollo de factores de emisión y la recopilación de datos detallados de la actividad.

Paso 1: población de ganado

Los datos de la población animal y de las actividades respectivas deben obtenerse empleando el método descrito en la Sección 10.2.

Paso 2: factores de emisión

Cuando se aplica el método de Nivel 2, los factores de emisión se estiman para cada categoría animal empleando los datos detallados desarrollados en el Paso 1.

Los factores de emisión para cada categoría de ganado se estiman sobre la base de la ingesta de energía bruta y el factor de conversión a metano correspondientes a la categoría. Los datos de la ingesta de energía bruta deben obtenerse empleando el método descrito en la Sección 10.2. Se deben completar los siguientes dos subpasos para calcular el factor de emisión según el método de Nivel 2:

1. Obtención del factor de conversión en metano (Y_m)

El grado en el que la energía de los alimentos se convierte en CH_4 depende de varios factores alimentarios y animales interrelacionados. Si no se dispone de factores de conversión de CH_4 a partir de trabajos de investigación específicos del país, se pueden utilizar los valores suministrados en el Cuadro 10.12, factores de conversión de CH_4 para vacunos/búfalos para estas subcategorías. Estas estimaciones generales sirven como orientación grosera respecto a las características de la alimentación y las prácticas de producción en general que se encuentran en muchos países desarrollados y en desarrollo. Cuando se dispone de buena alimentación (es decir, con alta digestibilidad y altos valores de energía), deben utilizarse los límites inferiores. Cuando se dispone de alimentación más pobre, resultan más apropiados los límites superiores. Se supone que el factor de conversión de CH_4 para todos los animales que sólo consumen leche (es decir, corderos y terneros alimentados a leche) equivale a cero.

Dada la importancia del Y_m como impulsor de emisiones, una parte sustancial de la investigación que se está realizando está destinada a mejorar las estimaciones de Y_m para diferentes combinaciones de ganado y alimentos. La necesidad de mejorar este aspecto es esencial para animales criados en las pasturas tropicales, ya que los datos disponibles son escasos. Por ejemplo, en un estudio reciente (Kurihara *et al.*, 1999) se observaron valores de Y_m que están fuera de los rangos descritos en el Cuadro 10.12.

CUADRO 10.12 FACTORES DE CONVERSIÓN DE CH_4 PARA VACUNOS/BÚFALOS (Y_m)	
Categoría de ganado	Y_m ^b
Vacunos alimentados a corral ^a	3,0% ± 1,0%
Lecheras (vacunos y búfalos) y su progenie	6,5% ± 1,0%
Otros vacunos y búfalos que se alimentan fundamentalmente con desechos y subproductos agrícolas de baja calidad	6,5% ± 1,0%
Otros vacunos o búfalos – en pastoreo	6,5% ± 1,0%
^a Cuando los alimentos utilizados contienen un 90% o más de concentrados.	
^b Los valores ± representan el rango.	
Fuente: Grupo de Expertos del IPCC.	

Las estimaciones regionales, nacionales y mundiales de la generación entérica de metano se basan en determinaciones a pequeña escala de Y_m y de la influencia de las propiedades de los alimentos y de los animales sobre el Y_m . Los métodos tradicionales para medir el Y_m incluyen el uso de cámaras de respiración en las que se alberga ejemplares animales (Johnson y Johnson, 1995). Una técnica de rastreo que emplea SF_6 permite estimar las emisiones de metano bajo condiciones de encierro y de pastoreo (Johnson *et al.*, 1994). Los resultados de mediciones recientes fueron analizados por Lassey (2006), quien también examinó la «extensión» de esas mediciones a inventarios nacionales y mundiales.

También es importante estudiar las influencias de las propiedades de los alimentos y de los atributos de los animales sobre el Y_m . Esas influencias son importantes para comprender mejor los mecanismos microbiológicos que participan en la metanogénesis, con miras a diseñar estrategias de reducción de emisiones, así como identificar referentes valores para Y_m según las prácticas de cría de los animales. Hasta el momento, la búsqueda

de tales influencias es equívoca y, por ende, hay poca variabilidad evidente tanto en los valores declarados en el Cuadro 10.12 como en los basados en el reciente estudio de las mediciones de Y_m que aparecen en la bibliografía (Lassey, 2006).

En el Cuadro 10.13 se propone un valor de Y_m en común para todos los ovinos maduros, independientemente de la calidad de la alimentación, aunque con valores diferentes para ovinos maduros y jóvenes con la línea de demarcación al año de edad. Estos valores se basan en datos de Lassey *et al.* (1997), Judd *et al.* (1999) y Ulyatt *et al.* (2002a, 2002b, 2005) y, aunque son coherentes con las mediciones de otros investigadores (Murray *et al.*, 1978; Leuning *et al.*, 1999), puede que no cubran toda la gama de pasturas que pueden encontrarse. El valor medio es adecuado para la mayoría de las aplicaciones, aunque los límites superiores pueden ser más apropiados para alimentos de baja calidad, y se pueden emplear los límites inferiores para alimentos de alta digestibilidad y de alto valor energético.

CUADRO 10.13 FACTORES DE CONVERSIÓN DE CH₄ PARA OVINOS (Y_m)	
Categoría	Y_m^a
Corderos (< 1 año de edad)	4,5% ± 1,0%
Ovinos maduros	6,5% ± 1,0%
^a Los valores ± representan el rango.	

Nótese que, en algunos casos, puede que no existan factores de conversión de CH₄ para ciertos tipos de ganado. En estos casos, se puede declarar sobre la base de los factores de conversión de CH₄ que tengan mayor similitud con esos tipos de ganado. Por ejemplo, los factores de conversión de CH₄ para otros vacunos y búfalos se podrían aplicar para estimar un factor de emisión para camélidos.

2. Desarrollo de factores de emisión

Se debe desarrollar un factor de emisión para cada categoría de animales siguiendo la Ecuación 10.21:

ECUACIÓN 10.21 FACTORES DE EMISIÓN DE CH₄ POR FERMENTACIÓN ENTÉRICA DE UNA CATEGORÍA DE GANADO $EF = \left[\frac{GE \cdot \left(\frac{Y_m}{100} \right) \cdot 365}{55,65} \right]$

Donde:

EF = factor de emisión, kg CH₄ cabeza⁻¹ año⁻¹

GE = ingesta de energía bruta, MJ cabeza⁻¹ día⁻¹

Y_m = factor de conversión en metano, porcentaje de la energía bruta del alimento convertida en metano

El factor 55,65 (MJ/kg CH₄) es el contenido de energía del metano.

En esta ecuación de factores de emisión se supone que éstos se desarrollan para una categoría animal por el término de todo un año (365 días). A pesar de que lo habitual es utilizar un factor de emisión para todo el año, en algunas circunstancias se puede definir la categoría animal para un lapso menor (p. ej., para la estación húmeda del año o para un período de alimentación en corral de 150 días). En este caso, el factor de emisión se estimaría para el período específico (p. ej., la estación húmeda) y los 365 días se reemplazarían por la cantidad de días del período. La definición del período al que se aplica el factor de emisión se describe en la Sección 10.2.

Paso 3: emisiones totales

Para estimar las emisiones totales, los factores de emisión seleccionados se multiplican por la población animal asociada y se suman. Como se señalara antes bajo el Nivel 1, las estimaciones de emisiones deben declararse en gigagramos (Gg).

Potencialidad de mejorar el método de Nivel 2 o de desarrollar uno de Nivel 3 para inventarios de emisión entérica de metano

La mayor exactitud y la identificación de las causas de variación en las emisiones constituyen el meollo del objetivo del inventario. Se alienta a introducir mejoras a la metodología del país, ya sea como componentes de los Niveles 1 o 2 actuales o si se implementan mejoras adicionales (Nivel 3).

Los actuales factores de emisión entérica de metano de Niveles 1 y 2 y los procedimientos de estimación se generan estimando primeramente el consumo diario y anual de energía bruta por parte de los ejemplares de una clase del inventario que luego se multiplican por una estimación de la pérdida de CH_4 por unidad de alimento (Y_m). Hay considerables posibilidades de mejorar la predicción de Nivel 2, tanto en ingesta alimentaria como en Y_m . Entre los factores que potencialmente afectan los requerimientos y/o el consumo de alimentos y que no se consideran se hallan los siguientes:

- variaciones por raza o genotipo en los requisitos de mantenimiento;
- los efectos de la tensión producida por el calor y el frío sobre los requerimientos de ingesta y de mantenimiento; y
- la reducción de la digestibilidad a medida que aumentan los niveles de consumo, o las limitaciones en la composición de la dieta impuestas a la ingesta.

De la misma manera, hay toda una serie de factores interrelacionados que controlan las variaciones del Y_m y que no están incluidos en la metodología de Nivel 2; entre ellos:

- los efectos de la digestibilidad (DE%);
- la ingesta de materia seca de la dieta en cuanto a su relación con el peso corporal en pie;
- la composición química de la dieta;
- el pasaje de partículas y la cinética de la digestión, o los compuestos vegetales antimicrobianos; y
- la variación de la población microbiana dentro del tracto digestivo.

La estimación exacta de la DE% de la dieta es de singular importancia en la estimación de la ingesta alimentaria y, por ende, en las emisiones, como ya se resaltara con anterioridad. Un 10% de error en el promedio de la DE% o de los TDN% de la dieta puede provocar errores en el CH_4 de entre un 12 y un 20%, según la circunstancia de que se parta. No se considera la disminución del DE% a medida que aumentan las cantidades de consumo diario de alimentos. Esto va a significar una subestimación de las ingestas de alimentos de las vacas lecheras de alta producción que consumen mezclas de concentrados y forrajes, p. ej., como es común en América del Norte y Europa, aunque parte de los errores resultantes en la estimación de la emisión de metano se va a compensar con reducciones en Y_m a medida que aumenta la ingesta diaria. Los métodos para estimar las bajas en la digestibilidad ya se han descrito (NRC, 1996; NRC, 2001).

Hubeo muchos intentos por mejorar las estimaciones del Y_m . Varios investigadores han desarrollado modelos que tienen relación con la composición química de la dieta consumida o, en más detalle, con la composición de los carbohidratos consumidos y de otros componentes químicos del Y_m . Habitualmente, estos modelos predicen las tasas de pasaje y digestión de las partículas y los componentes químicos de la dieta en cada compartimiento entérico a distintos niveles de ingestión y el balance de H_2 resultante, los ácidos grasos volátiles y los rendimientos microbiano y de CH_4 . Estos métodos han generado valores de Y_m que son coherentes con las mediciones directas efectuadas utilizando cámara y técnicas de SF_6 .

La bibliografía contiene muchos ejemplos de la positiva relación de la digestión de las paredes celulares vegetales con las relaciones entre productos finales altamente acéticos y propiónicos, y con altos rendimientos de CH_4 . Mientras que la digestión de carbohidratos fibrosos es innegablemente el indicador individual más fuerte del rendimiento de CH_4 , el CH_4 por fibra digerida no es constante, p. ej., cuando se alimenta con cáscara de soja o pulpa de remolacha como única ración a diferentes niveles de ingesta, el Y_m varía entre el 8 y el 11% cuando se lo mide a ingestas alimentarias restringidas y entre un 5 y un 6% cuando se lo mide a ingestas *ad libitum* (Kujawa, 1994; Diarra, 1994). En consecuencia, la fermentación entérica de un mismo sustrato fibroso puede dar como resultado valores de Y_m bastante diferentes. Quizás, la limitación más severa para el desarrollo de modelos de predicción más complejos esté en la dificultad de aplicarlos a inventarios de amplia cobertura nacional. La dificultad está en suministrar los datos necesarios para impulsar estos modelos más complejos de ingesta alimentaria o Y_m . A menudo, resulta difícil definir las características de los animales, la productividad y el %DE con exactitud para un tipo de ganado de una región del país, sin mencionar los detalles en cuanto a fracción de carbohidratos, tasas de pasaje y digestión, etc.

La magnitud del trabajo de investigación que se está realizando actualmente a nivel mundial sobre estrategias de mitigación, como en vacunas, ionóferos, aceites vegetales poliinsaturados, taninos condensados, etc., sugiere que nos ocupemos de cómo se las debe reflejar en la compilación del inventario de Niveles 2 o 3. En primer lugar, el inventario debe reflejar sólo aquellas tecnologías que cumplan con los principios de GC/CC y que hayan

recibido una amplia aceptación a nivel internacional, por ejemplo mediante artículos revisados por pares que incluyan una descripción de la tecnología, de su eficacia y de su validación bajo condiciones de campo. En segundo lugar, el inventario debe ir acompañado de pruebas de la adopción de la tecnología y sólo se aplicará a emisiones provocadas por el ganado para el que la adopción se pueda validar. En tercer lugar, en el caso de tecnologías recién implementadas (como la dosis administrada de un agente mitigador), el inventario también se podría presentar acompañado de un cálculo de las emisiones producidas en ausencia de una medida de mitigación a fin de dar transparencia a la magnitud de las reducciones de la emisión que se alegan. Las medidas de mitigación deben tener el respaldo de publicaciones revisadas por pares.

Se debe alentar toda acción destinada a mejorar las estimaciones de la ingesta alimentaria y el Y_m y a analizar los métodos de mitigación, prestándole la debida atención a las limitaciones en alcance, a las circunstancias de la producción, etc. con las que se relacionan las relaciones predictivas.

10.3.3 Elección de los datos de la actividad

Los datos de la población de ganado deben obtenerse empleando el método descrito en la Sección 10.2. Si se utilizan factores de emisión entérica por defecto para el ganado (Cuadros 10.10, 10.11) para estimar las emisiones entéricas, será suficiente con una caracterización básica de la población de ganado (Nivel 1). Para estimar las emisiones entéricas del ganado empleando la estimación de la Ingesta de energía bruta (Ecuaciones 10.16, 10.17 o 10.18), se requiere una caracterización de Nivel 2. Como se señalara en la Sección 10.2, una *buena práctica* para la caracterización de poblaciones de ganado es llevar a cabo una única caracterización que suministre los datos de la actividad para todas las fuentes de emisión sobre la base de los datos de la población de ganado.

10.3.4 Evaluación de incertidumbre

Factores de emisión

Dado que los factores de emisión para el método de Nivel 1 no se basan en datos específicos del país, puede que no representen exactamente las características del ganado del país en cuestión y pueden resultar muy inciertos como resultado. Es poco factible que los factores de emisión estimados empleando el método de Nivel 1 tengan un grado de exactitud mayor de $\pm 30\%$ y pueden ser inciertos hasta en $\pm 50\%$. La incertidumbre en el método de Nivel 2 depende de la exactitud de la caracterización del ganado (p. ej., la homogeneidad de las categorías de ganado) y también del grado en el que los métodos para definir los coeficientes en las distintas relaciones que constituyen el enfoque de energía neta se correspondan con las circunstancias del país. Es factible que las estimaciones de los factores de emisión basadas en el método de Nivel 2 sean del orden de $\pm 20\%$. Los compiladores del inventario que empleen el método de Nivel 2 deben realizar un análisis de las incertidumbres que reflejan su situación en particular y, a falta de este análisis, se supone que la incertidumbre en el método de Nivel 2 es similar a la del de Nivel 1.

Aunque, potencialmente, un método de Nivel 2 puede mejorar la exactitud de las estimaciones de emisiones, para desarrollar un método de Nivel 3 viable se requiere una cantidad sustancial de datos científicos. El uso de datos no fiables y no verificados en un método de Nivel 3 podría dar como resultado estimaciones inferiores a las del método de Nivel 2 e incluso a las del de Nivel 3. En muchas ocasiones, las mediciones directas de las emisiones de metano del ganado son deficientes o se realizan empleando una cantidad limitada de tipos de dietas. Actualmente, se están realizando una cantidad considerable de trabajos de investigación sobre potenciales estrategias de mitigación, pero pocos de esos trabajos se han validado lo suficiente como para que se los pueda extrapolar a condiciones ajenas a la investigación. A medida que se continúa expandiendo la investigación fundacional sobre la ciencia relacionada con las emisiones, teóricamente, el método de Nivel 3 debe dar como resultado que tenga el menor grado de incertidumbre.

Datos de la actividad

Habrà una incertidumbre adicional relacionada con la caracterización del ganado y de la alimentación. A menudo, el mejorar la caracterización del ganado y de los alimentos será prioridad en cuanto a reducir la incertidumbre en general. Las estimaciones exactas de la digestibilidad alimentaria (DE%) son también clave para reducir el grado de incertidumbre. Las estimaciones de incertidumbre se pueden derivar de la *buena práctica* de recurrir a datos de censos del agro que se señalan en la sección de incertidumbre referida a la caracterización del ganado y de su alimentación (véase la Sección 10.2).

En el Volumen 1, Capítulo 3 (Incertidumbres) se presenta información general sobre los procedimientos para evaluar la incertidumbre.

10.3.5 Exhaustividad, series temporales, garantía de calidad/control de calidad y generación de informes

Para lograr la exhaustividad se deben considerar todas las principales categorías de animales que se gestionan en el país. En caso de que los animales estén incluidos en el inventario respecto al cual no se dispone de datos por defecto y para el cual no se suministran directrices, la estimación de las emisiones debe desarrollarse empleando los mismos principios generales presentados en el análisis de la Sección 10.2.

Se debe tener la precaución de usar un conjunto de estimaciones para los factores de conversión de CH₄ que sea coherente con el correr del tiempo. En algunos casos, puede haber razones para modificar los factores de conversión de metano con el transcurso del tiempo. Estos cambios pueden deberse a la aplicación de medidas explícitas de mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) o a modificaciones en las prácticas del agro, como las condiciones de alimentación u otros factores de gestión no relacionados con los GEI. Independientemente de lo que provoque cambios, los datos y los factores de conversión de metano que se utilicen para estimar las emisiones deben reflejar los cambios en las prácticas del agro. Si, durante una serie temporal, los factores de conversión de metano se ven afectados por un cambio en la práctica de gestión y/o por la aplicación de medidas de mitigación de GEI, el compilador del inventario debe asegurarse de que los datos del inventario reflejen tales prácticas. En el texto del inventario debe explicarse minuciosamente la forma en la que los cambios en la práctica de gestión y/o la aplicación de medidas de mitigación han afectado la serie temporal de los factores de conversión de metano. Para orientación general sobre *buenas prácticas* para desarrollar una serie temporal coherente, véase el Volumen 1, Capítulo 5 (Coherencia de la serie temporal).

Es una *buen práctica* realizar verificaciones de control de calidad, tal como se plantea en el Capítulo 6 del Volumen 1 (Garantía de calidad/control de calidad y verificación). Además de la orientación provista en el Volumen 1, se delinean a continuación los procedimientos específicos pertinentes para esta categoría fuente.

Verificación de los datos de la actividad

- El compilador del inventario debe revisar los métodos usados para recabar datos sobre el ganado y, en particular, verificar que los datos de las subespecies de ganado se hayan recabado y agregado correctamente. Se debe efectuar una verificación cruzada de los datos con los de los años anteriores para garantizar que son razonables y coherentes con la tendencia esperada. Los compiladores del inventario deben documentar los métodos de obtención de datos, identificar las potenciales áreas de sesgo, y evaluar la representatividad de los datos. Se puede emplear una modelización de la población a fin de respaldar este método.

Revisión de los factores de emisión

- Si se emplea el método de Nivel 2/3, el compilador del inventario deberá realizar una verificación cruzada de los factores específicos del país contra los valores por defecto del IPCC. Se debe explicar y documentar toda diferencia significativa entre los factores específicos del país y los factores por defecto.

Revisión externa

- Si se utiliza un método de Nivel 3/3, se alienta al compilador del inventario a llevar a cabo una revisión nacional e internacional a cargo de expertos de la industria, de instituciones académicas y de instituciones de extensión.
- Es importante mantener documentación interna referida a los resultados de las revisiones.

Para mejorar la transparencia, las estimaciones de emisiones de esta categoría fuente se deberán informar conjuntamente con los datos de la actividad y los factores de emisión utilizados para determinar las estimaciones.

Se debe documentar la siguiente información:

- Todos los datos de la actividad, incluyendo los datos de la población animal por categoría y región.
- Documentación de los datos de la actividad, incluyendo:
 - (i) Las fuentes de todos los datos de la actividad utilizados en los cálculos (es decir, citar exhaustivamente la base de datos estadística de la cual se obtuvieron los datos).
 - (ii) La información y las hipótesis que se utilizaron para desarrollar los datos de la actividad, en los casos en los que éstos no hayan estado disponibles directamente en las bases de datos; y
 - (iii) La frecuencia de la recopilación de datos y estimaciones de su exactitud y precisión.
- Si se utiliza un método de Nivel 1, todos los factores de emisión por defecto que se emplearon en la estimación de las emisiones para las categorías de animales específicas.
- Si se empleó un método de Nivel 2:
 - (i) Valores de Y_m :

- (ii) Valores de DE estimados o tomados de otros estudios; y
 - (iii) Documentación completa de los datos utilizados, incluyendo sus referencias.
- Para inventarios en los que se utilicen factores de emisión específicos del país o de la región o en los que se empleen nuevos métodos, como el de Nivel 3, se deberán documentar minuciosamente las bases científicas de los factores de emisión y los principios del nuevo método. La documentación debe incluir las definiciones de los parámetros de ingresos y una descripción del principio y proceso mediante el cual se derivaron estos factores de emisión y métodos, así como describir las fuentes y las magnitudes de las incertidumbres.

10.4 EMISIONES DE METANO PRODUCIDAS POR LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

En esta sección se describe cómo estimar el CH₄ producido durante el almacenamiento y el tratamiento del estiércol, así como del estiércol depositado en la pastura. El término «estiércol» se utiliza aquí, colectivamente, de modo que incluye la bosta y la orina (es decir, los sólidos y los líquidos) producidos por el ganado. Las emisiones relacionadas con el quemado de bosta como combustible deben declararse bajo el Volumen 2 (Energía) o Volumen 5 (Desechos) si se la quema sin recuperación de energía. La descomposición del estiércol bajo condiciones anaeróbicas (es decir, en ausencia de oxígeno), durante su almacenamiento y tratamiento, produce CH₄. Estas condiciones se dan más fácilmente cuando se gestionan grandes cantidades de animales en una superficie confinada (p. ej., tambos, corrales de ganado de carne, y granjas de ovinos y de aves de corral), y donde se elimina el estiércol en sistemas basados en líquidos. Se declaran las emisiones de CH₄ relacionadas con el manejo y el almacenamiento de estiércol bajo «Gestión del Estiércol».

Los principales factores que inciden en las emisiones de CH₄ son la cantidad de estiércol que se produce y la porción que se descompone anaeróbicamente. La primera depende de la tasa de producción de desechos por animal y de la cantidad de animales, mientras que la segunda depende de cómo se gestiona el estiércol. Cuando el estiércol se almacena o se procesa como líquido (p. ej., en lagunas, estanques, tanques o pozos), se descompone anaeróbicamente y puede producir una cantidad significativa de CH₄. La temperatura y el tiempo de retención de la unidad de almacenamiento son dos factores que inciden significativamente en la cantidad de metano producida. Cuando el estiércol se maneja como sólido (p. ej., en parvas o pilas) o cuando se lo deposita en pasturas y prados, tiende a descomponerse bajo condiciones más aeróbicas y se produce menos CH₄.

10.4.1 Elección del método

Hay tres niveles para estimar las emisiones de CH₄ del estiércol del ganado. En el árbol de decisiones de la Figura 10.3 se brinda orientación para determinar qué nivel usar.

Nivel 1

Un método simplificado para estimar las emisiones que sólo requiere los datos de la población de ganado por especie/categoría animal y del clima de la región o la temperatura, en combinación con los factores de emisión por defecto del IPCC. Dado que algunas emisiones de sistemas de gestión del estiércol dependen en gran parte de la temperatura, es una *buena práctica* estimar la temperatura anual promedio relacionada con los lugares donde se gestiona el estiércol.

Nivel 2

Se debe aplicar un método más complejo para estimar las emisiones de CH₄ producidas por la gestión del estiércol donde una especie/categoría de ganado en particular represente una parte significativa de las emisiones de un país. Este método requiere información detallada sobre las características de los animales y las prácticas de gestión del estiércol, la que se emplea para desarrollar factores de emisión específicos para las condiciones del país.

Nivel 3

Algunos países en los que las emisiones del ganado sean particularmente importantes pueden desear ir más allá del método de Nivel 2 y desarrollar modelos para metodologías específicas del país o emplear métodos basados en mediciones para cuantificar los factores de emisión.

El método elegido depende de la disponibilidad de datos y de las circunstancias nacionales. Una *buena práctica* para estimar las emisiones de CH₄ producidas por los sistemas de gestión del estiércol implica realizar todos los esfuerzos posibles para utilizar el método de Nivel 2, incluyendo el cálculo de los factores de emisión empleando información específica del país. Sólo se debe utilizar el método de Nivel 1 si se han agotado todas las formas posibles de usar el de Nivel 2 y/o si se determina que la fuente no es una categoría o subcategoría principal.

Independientemente del método elegido, en primer lugar, se debe dividir la población animal en categorías, según lo descrito en la Sección 10.2, que reflejen las diversas cantidades de estiércol producidas por animal.

Se utilizan los siguientes cuatro pasos para estimar las emisiones de CH₄ producidas por la gestión del estiércol:

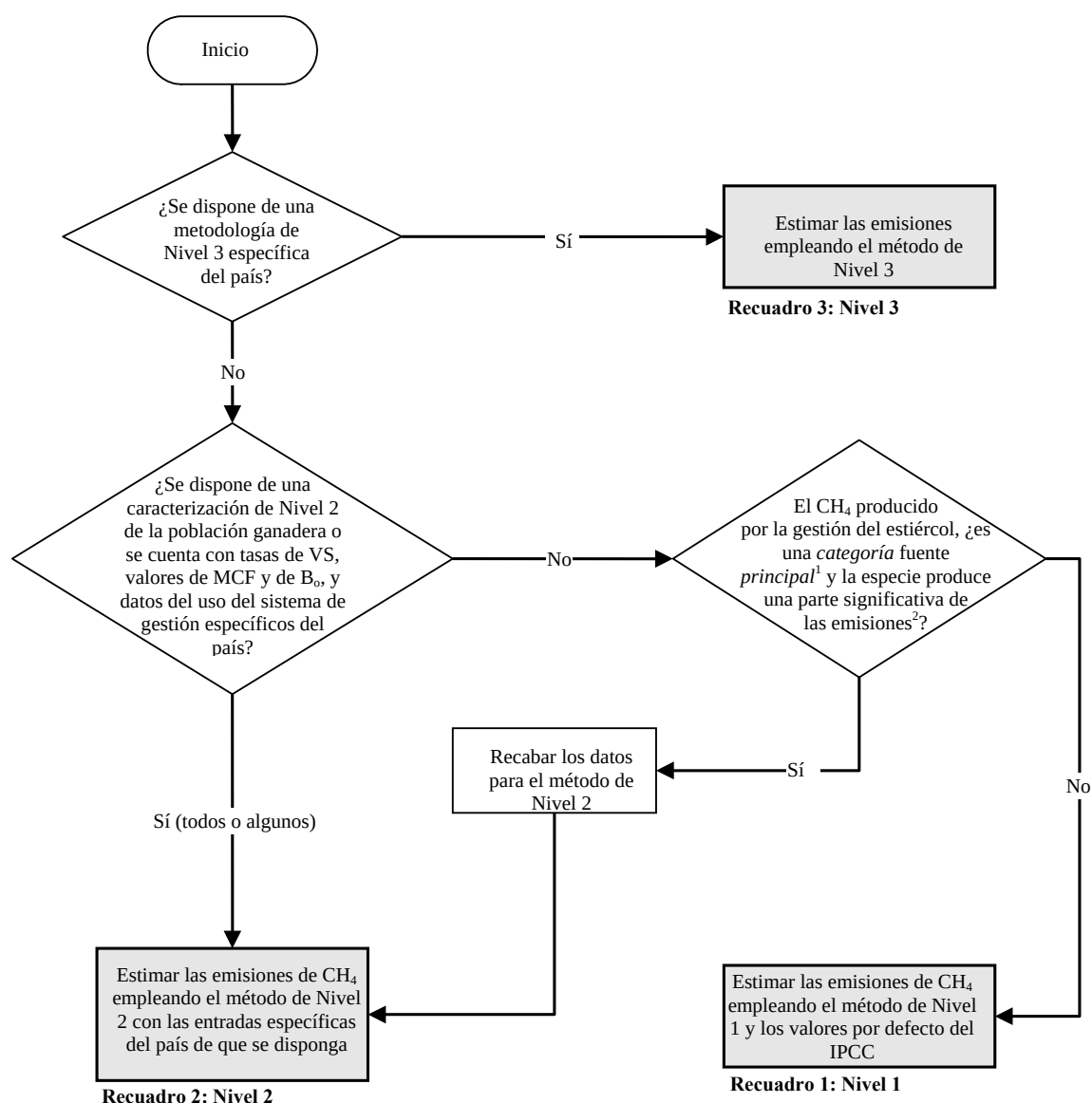
Paso 1: recabar datos de la población a partir de la Caracterización de la Población de ganado (véase la Sección 10.2).

Paso 2: emplear valores por defecto o desarrollar factores de emisión específicos del país para cada subcategoría de ganado en función de los kilos de metano por animal por año.

Paso 3: multiplicar los factores de emisión de las subcategorías de ganado por las poblaciones de las éstas para estimar la emisión de cada subcategoría, y sumar lo de todas las subcategorías para estimar la emisión total por especie de ganado primaria.

Paso 4: sumar las emisiones de todas las especies de ganado definidas para determinar las emisiones nacionales.

Figura 10.3 **Árbol de decisiones para emisiones de CH₄ resultantes de la gestión del estiércol**



Nota:

1: Véase el Volumen 1, Capítulo 4, «Opción metodológica e identificación de categorías principales» (principalmente la sección 4.1.2 relativa a los recursos limitados) para el análisis de las *categorías principales* y el uso de los árboles de decisión.

2: Como regla general, una especie de ganado será significativa si es la que produce un 25-30% o más de las emisiones de la

La Ecuación 10.22 muestra cómo calcular las emisiones de CH₄ producidas por la gestión del estiércol:

ECUACIÓN 10.22
EMISIONES DE CH₄ DE LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

$$CH_{4\text{ Estiércol}} = \sum_{(T)} \frac{(EF_{(T)} \bullet N_{(T)})}{10^6}$$

Donde:

CH_{4Estiércol} = emisiones de CH₄ por la gestión del estiércol, para una población definida, Gg CH₄ año⁻¹

EF_(T) = factor de emisión para la población de ganado definida, kg CH₄ cabeza⁻¹ año⁻¹

N_(T) = la cantidad de cabezas de la especie/categoría de ganado *T* del país

T = especie/categoría de ganado

10.4.2 Elección de los factores de emisión

La mejor manera de determinar los factores de emisión es llevando a cabo mediciones no invasivas ni perturbadoras de las emisiones en sistemas reales representativos de los que se emplean en el país. Estos resultados de campo pueden utilizarse para desarrollar modelos para estimar los factores de emisión (Nivel 3). Esas mediciones son difíciles de realizar y requieren recursos y conocimiento experto significativos, así como equipos, que pueden no estar disponibles. Por ello, aunque este método se recomienda para mejorar la exactitud, no es necesario para una *buena práctica*. En esta sección se brindan dos alternativas para desarrollar factores de emisión, en las que su selección depende del método (es decir, Niveles 1 o 2) elegido para estimar las emisiones.

Nivel 1

Cuando se usa el método de Nivel 1, se emplean los factores de emisión de metano por categoría o subcategoría de ganado. Los factores de emisión por defecto por temperatura anual promedio se presentan en los Cuadros 10.14, 10.15 y 10.16 para cada una de las subcategorías de población recomendadas. Estos factores de emisión representan el rango de contenido de sólidos volátiles del estiércol y de prácticas de gestión del estiércol empleados en cada región, así como la diferencia en las emisiones debida a la temperatura. En los Cuadros 10A-4 a 10A-9, ubicados en el Anexo 10A.2, se presentan las hipótesis subyacentes utilizadas para cada región. Los países que emplean un método del Nivel 1 para estimar las emisiones de metano producidas por la gestión de desechos deben revisar las variables regionales de dichos cuadros para identificar la región con mayor similitud en cuanto a operaciones animales, y emplear los factores de emisión por defecto para esa región.

En el Cuadro 10.14 se presentan los factores de emisión por defecto para vacunos, porcinos y búfalos para cada región y clasificación de temperatura. Los factores de emisión se encuentran listados por temperatura anual promedio para la zona climática en la que se gestiona el estiércol del ganado. Los datos de temperatura deben estar basados en las estadísticas meteorológicas nacionales, si las hubiere. Los países deben estimar los porcentajes de población animal de las diferentes zonas de temperaturas y calcular un factor de emisión promedio ponderado. Donde no resulte posible, se podría utilizar la temperatura promedio anual de todo el país; no obstante, puede que esto no brinde una estimación exacta de las emisiones, ya que éstas son muy sensibles a las variaciones de temperatura (p. ej., sistemas líquidos/de fango).

En los Cuadros 10.15 y 10.16 se presentan los factores de emisión por defecto para la gestión del estiércol respecto a otras especies animales. En el Cuadro 10.15 se muestran factores de emisión para países desarrollados y en desarrollo, y se reflejan las diferencias generales en ingesta alimentaria y características de los alimentos de los animales en ambas regiones. A excepción de «ponedoras (húmedo)» en aves de corral, estos factores de emisión reflejan el hecho de que, virtualmente, todo el estiércol de estos animales se gestiona en sistemas de gestión de estiércol «seco», incluyendo pasturas y prados, corrales de alimentación en seco y por distribución diaria en el campo (Woodbury y Hashimoto, 1993).

CUADRO 10.14
FACTORES DE EMISIÓN DE METANO POR GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL POR TEMPERATURA PARA VACUNOS, PORCINOS Y BÚFALOS(KG CH₄ CABEZA⁻¹ AÑO⁻¹)

Características regionales	Especies de ganado	Factores de emisión de CH ₄ según la temperatura promedio anual (°C) ^b																			
		Frío					Templado												Cálido		
		≤ 10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	≥ 28	
América del Norte: Regularmente se utilizan sistemas de base líquida para estiércol de vacas lecheras y de porcinos. Habitualmente, el estiércol del resto del ganado vacuno se gestiona como sólidos y depositado en pasturas o prados.	Vacas lecheras	48	50	53	55	58	63	65	68	71	74	78	81	85	89	93	98	105	110	112	
	Otros vacunos	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	Porcinos de carne	10	11	11	12	12	13	13	14	15	15	16	17	18	18	19	20	22	23	23	
	Porcinos de cría	19	20	21	22	23	24	26	27	28	29	31	32	34	35	37	39	41	44	45	
Europa Occidental: Regularmente se emplean sistemas de líquidos/fango y de almacenamiento en pozos para estiércol de vacunos y porcinos. La cantidad de tierras de cultivo para esparcir estiércol es limitada.	Vacas lecheras	21	23	25	27	29	34	37	40	43	47	51	55	59	64	70	75	83	90	92	
	Otros vacunos	6	7	7	8	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20	21	24	25	26	
	Porcinos de carne	6	6	7	7	8	9	9	10	11	11	12	13	14	15	16	18	19	21	21	
	Porcinos de cría	9	10	10	11	12	13	14	15	16	17	19	20	22	23	25	27	29	32	33	
	Búfalos	4	4	5	5	5	6	7	7	8	9	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Europa Oriental: Se utilizan sistemas basados en sólidos para la mayor parte del estiércol. Alrededor de una tercera parte del estiércol del ganado se gestiona en sistemas basados en líquidos.	Vacas lecheras	11	12	13	14	15	20	21	22	23	25	27	28	30	33	35	37	42	45	46	
	Otros vacunos	6	6	7	7	8	9	10	11	11	12	13	14	15	16	18	19	21	23	23	
	Porcinos de carne	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	10	10	10	
	Porcinos de cría	4	5	5	5	5	6	7	7	7	8	8	9	9	10	11	12	16	17	17	
	Búfalos	5	5	5	6	6	7	8	8	9	10	11	11	12	13	15	16	17	19	19	
Oceanía: La mayor parte del estiércol vacuno se gestiona como sólidos en pasturas y prados, excepto en cuanto a vacas lecheras con algo de uso en lagunas. Alrededor de la mitad del estiércol de los porcinos se gestiona en lagunas anaeróbicas.	Vacas lecheras	23	24	25	26	26	27	28	28	28	29	29	29	29	29	30	30	31	31	31	
	Otros vacunos	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	Porcinos de carne	11	11	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	
	Porcinos de cría	20	20	21	21	22	22	23	23	23	23	23	23	24	24	24	24	24	24	24	
América Latina: Casi todo el estiércol del ganado se gestiona como sólidos en pasturas y prados. El estiércol de los búfalos se deposita en pasturas y prados.	Vacas lecheras	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	
	Otros vacunos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Porcinos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	
	Búfalos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	

CUADRO 10.14
FACTORES DE EMISIÓN DE METANO POR GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL POR TEMPERATURA PARA VACUNOS, PORCINOS Y BÚFALOS(KG CH₄ CABEZA⁻¹ AÑO⁻¹)

Características regionales	Especies de ganado	Factores de emisión de CH ₄ según la temperatura promedio anual (°C) ^b																			
		Frío					Templado										Cálido				
		≤ 10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	≥ 28	
África: la mayor parte del estiércol del ganado se gestiona como sólidos en pasturas y prados. Una cantidad menor, aunque significativa, se quema como combustible.	Vacas lecheras	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Otros vacunos	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Porcinos	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	
Oriente Medio: más de dos tercios del estiércol vacuno se deposita en pasturas y prados. Alrededor de una tercera parte del estiércol de los porcinos se gestiona en sistemas basados en líquidos. El estiércol de los búfalos se quema como combustible o se gestiona como sólidos.	Vacas lecheras	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	
	Otros vacunos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Porcinos	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	6	
	Búfalos	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Asia: aproximadamente la mitad del estiércol vacuno se utiliza como combustible, mientras que el resto se gestiona en sistemas secos. Casi el 40% del estiércol porcino se gestiona como líquido. El estiércol de los búfalos se gestiona en corrales de alimentación en seco y se deposita en pasturas y prados.	Vacas lecheras	9	10	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20	21	23	24	26	28	31	31	
	Otros vacunos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Porcinos	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	7	7	
	Búfalos	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Subcontinente indio: aproximadamente la mitad del estiércol vacuno y de búfalos se utiliza como combustible, mientras que el resto se gestiona en sistemas secos. Alrededor de una tercera parte del estiércol porcino se gestiona como líquido.	Vacas lecheras	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	
	Otros vacunos	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	Porcinos	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	6	6	6	
	Búfalos	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Fuente: Véase el Anexo 10A.2, Cuadros 10A-4 a 10A-8 para la derivación de estos factores de emisión.																					
La incertidumbre de estos factores de emisión es de ±30%.																					
^a Al seleccionar un factor de emisión por defecto, consultar los cuadros del Anexo 10A.2 que sirven de apoyo en cuanto a la distribución de sistemas de gestión del estiércol y a las características de los desechos animales utilizadas para estimar las emisiones. Seleccionar un factor de emisión para una región que coincida lo más posible con las características propias.																					
^b Todas las características no están necesariamente representadas dentro de cada región. Por ejemplo, no hay zonas cálidas significativas en Europa Occidental u Oriental. De la misma manera, no hay zonas frías significativas en África ni en el Oriente Medio.																					
Nota: no hay poblaciones significativas de búfalos en América del Norte, Oceanía y África.																					

CUADRO 10.15
FACTORES DE EMISIÓN DE METANO DE LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL POR TEMPERATURA PARA OVINOS, CAPRINOS, CAMÉLIDOS, EQUINOS, MULAS Y ASNOS, Y AVES DE CORRAL^a (KG CH₄ CABEZA⁻¹ AÑO⁻¹)

Ganado	Factor de emisión de CH ₄ según la temperatura promedio anual (°C)		
	Fría (<15°C)	Templada (15 a 25°C)	Cálida (>25°C)
Ovinos			
Países desarrollados	0,19	0,28	0,37
Países en desarrollo	0,10	0,15	0,20
Caprinos			
Países desarrollados	0,13	0,20	0,26
Países en desarrollo	0,11	0,17	0,22
Camélidos			
Países desarrollados	1,58	2,37	3,17
Países en desarrollo	1,28	1,92	2,56
Equinos			
Países desarrollados	1,56	2,34	3,13
Países en desarrollo	1,09	1,64	2,19
Mulas y asnos			
Países desarrollados	0,76	1,10	1,52
Países en desarrollo	0,60	0,90	1,20
Aves de corral			
Países desarrollados			
Ponedoras (seco) ^b	0,03	0,03	0,03
Ponedoras (húmedo) ^c	1,2	1,4	1,4
Parrilleros	0,02	0,02	0,02
Pavos	0,09	0,09	0,09
Patos	0,02	0,03	0,03
Países en desarrollo	0,01	0,02	0,02

La incertidumbre de estos factores de emisión es de ±30%.

Fuentes: Factores de emisión desarrollados a partir de: valores de la ingesta alimentaria y digestibilidad de alimentos utilizados para desarrollar factores de emisión por fermentación entérica (véase el Anexo 10A.1); A excepción de lo referido a aves de corral en países desarrollados, los valores los factores de conversión de metano (MCF) y de la capacidad máxima de producción de metano (B₀) son los declarados en Woodbury y Hashimoto (1993). Las aves de corral de países desarrollados se subdividieron en cinco categorías. Las ponedoras (seco) representan ponedoras bajo el sistema de gestión de desechos «sin cama»; las ponedoras (húmedo) representan las ponedoras en un sistema de gestión de desechos de laguna anaeróbica. En cuanto a ponedoras, los sólidos volátiles (VS, del inglés *volatile solids*) son valores declarados en USDA (1996); los valores masa animal típica son de ASAE (1999); los valores de B₀ para ponedoras son los informados por Hill (1982). En cuanto a parrilleros y pavos, los valores de B₀ son de Hill (1984); los de masa animal típica son de ASAE (1999); y los de VS son los declarados en USDA (1996). Los valores de B₀ para patos fueron transferidos de parrilleros y pavos; los valores de la masa animal típica son de MWPS-18; y los de VS son de USDA, AWMFH. Los valores de masa típica de ovinos, caprinos y equinos, y de VS y B₀ en caprinos y equinos para países desarrollados se actualizaron según el análisis de inventarios de GEI de los países del Anexo I. Se supone que todo el estiércol, a excepción del de ponedoras (húmedo), se maneja con sistemas en seco, lo que es coherente con el uso de sistemas de gestión de estiércol declarado en Woodbury y Hashimoto (1993).

^a Al seleccionar un factor de emisión por defecto, asegurarse de consultar los cuadros del Anexo 10A.2 que sirven de apoyo en cuanto a la distribución de sistemas de gestión del estiércol y a las características de los desechos animales utilizadas para estimar las emisiones. Seleccionar un factor de emisión para una región que coincida lo más posible con las características propias.

^b Operaciones con ponedoras que gestionan estiércol en seco.

^c Operaciones con ponedoras que gestionan el estiércol como líquido, como cuando se lo almacena en una laguna anaeróbica.

CUADRO 10.16 FACTORES DE EMISIÓN DE METANO POR GESTIÓN DE ESTIÉRCOL PARA CIERVOS, RENOS, CONEJOS Y PELÍFEROS	
Ganado	Factor de emisión de CH₄ (kg CH₄ cabeza⁻¹ año⁻¹)
Ciervos ^a	0,22
Renos ^b	0,36
Conejos ^c	0,08
Pelíferos (p. ej., zorros, visones) ^b	0,68
La incertidumbre de estos factores de emisión es de ±30%.	
^a Sneath <i>et al.</i> (1997)	
^b Estimaciones de la Universidad de Agronomía de Noruega, Instituto de Química y Biotecnología, Sección Microbiología.	
^c Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC	

Nivel 2

El método de Nivel 2 es aplicable cuando la gestión del estiércol constituye una fuente principal o cuando los datos empleados para desarrollar los valores por defecto no se corresponden con las condiciones de gestión del ganado y del estiércol del país en cuestión. Considerando que las características de los vacunos, búfalos y porcinos, así como los sistemas de gestión del estiércol pueden diferir significativamente entre los países, los países con grandes poblaciones de estos animales deben considerar la posibilidad de aplicar el método de Nivel 2 para estimar las emisiones de metano. El método de Nivel 2 se basa en dos tipos fundamentales de entradas que inciden sobre el cálculo de los factores de emisión de metano del estiércol:

Las características del estiércol: incluye la cantidad de sólidos volátiles (VS) producida en el estiércol y la cantidad máxima de metano que puede producir ese estiércol (B_0). La producción de VS del estiércol puede estimarse sobre la base de la ingesta alimentaria y de la digestibilidad, que son variables también utilizadas para desarrollar los factores de emisión por fermentación entérica de Nivel 2. Alternativamente, las tasas de producción de VS pueden basarse en mediciones de laboratorio del estiércol del ganado. La B_0 varía según las especies animales y el régimen alimentario, y es un rendimiento teórico del metano basado en la cantidad de VS contenidos en el estiércol. Los materiales usados en las camas (paja, aserrín, viruta, etc.) no están incluidos en los VS modelizados según el método de Nivel 2. El tipo y el uso que se da a estos materiales es muy variable entre los distintos países. Dado que, habitualmente, están relacionados con sistemas de almacenamiento de sólidos, su aporte no sería significativo para la producción total de metano.

Características del sistema de gestión del estiércol: incluye los tipos de sistemas empleados para gestionar el estiércol y un factor de conversión de metano específico del sistema (MCF, del inglés *methane conversion factor*) que refleja la porción de B_0 que se está logrando. Se utilizan evaluaciones regionales de los sistemas de gestión del estiércol para estimar la porción de éste que se maneja con cada una de las técnicas de gestión del estiércol. El Cuadro 10.18 incluye una descripción de los sistemas de gestión del estiércol. El MCF del sistema varía según la forma en la que se gestiona el estiércol y con el clima; teóricamente, puede oscilar entre un 0 y un 100%. Tanto la temperatura como el tiempo de retención desempeñan un papel importante en el cálculo del MCF. El estiércol que se gestiona como líquido bajo condiciones de calor y durante un lapso prolongado es fuente de formación de metano. Estas condiciones de gestión del estiércol pueden tener MCF altos, del 65 al 80%. El estiércol que se gestiona como material en seco en climas fríos no produce metano fácilmente y, por lo tanto, tiene un MCF de aproximadamente 1%.

El desarrollo de factores de emisión de Nivel 2 implica determinar un MCF promedio ponderado empleando las estimaciones del estiércol gestionado por cada sistema de desechos dentro de cada región climática. Entonces, el MCF promedio se multiplica por la tasa de excreción de VS y por la B_0 de las categorías de ganado. En forma de ecuación, la estimación es la siguiente:

ECUACIÓN 10.23 FACTOR DE EMISIÓN DE CH₄ DE LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL $EF_{(T)} = (VS_{(T)} \cdot 365) \cdot \left[B_{o(T)} \cdot 0,67 \text{ kg / m}^3 \cdot \sum_{S,k} \frac{MCF_{S,k}}{100} \cdot MS_{(T,S,k)} \right]$

Donde:

$EF_{(T)}$ = factor de emisión anual de CH₄ para la población de ganado categoría T , kg CH₄ animal⁻¹ año⁻¹

$VS_{(T)}$ = sólidos volátiles excretados por día en la categoría de ganado T , kg materia seca animal⁻¹ día⁻¹

365 = base para calcular la producción anual de VS, días año⁻¹

$B_{o(T)}$ = capacidad máxima de producción de metano del estiércol producido por el ganado de la categoría T , m³ CH₄ kg⁻¹ de VS excretados

0,67 = factor de conversión de m³ de CH₄ a kilos de CH₄

$MCF_{(S,k)}$ = factores de conversión de metano para cada sistema de gestión del estiércol S por región climática k , %

$MS_{(T,S,k)}$ = fracción del estiércol del ganado de la categoría T manejado usando el sistema de gestión de desechos S en la región climática k , sin dimensión

Incluso cuando el nivel de detalle presentado en el método de Nivel 2 resulte imposible en algunos países, se pueden utilizar datos específicos del país, tales como masa animal, excreción de VS, etc. para mejorar las estimaciones de las emisiones. Si se dispone de datos específicos del país sólo para una parte de estas variables, se alienta a los países a que calculen factores de emisión específicos del país empleando los datos de los Cuadros 10A-4 a 10A-9 para cubrir las brechas.

Se pueden utilizar programas de medición para mejorar las bases con las que se realizan las estimaciones. En particular, las mediciones de emisiones de sistemas de gestión de estiércol bajo condiciones de campo resultan útiles para verificar los MCFs. Además, las mediciones de B_o del ganado en regiones tropicales y para diversos regímenes de dieta son necesarias para ampliar la representatividad de los factores por defecto.

Dado que las emisiones pueden variar significativamente entre regiones y especies/categorías de ganado, las estimaciones de las emisiones deben reflejar, de la mejor manera posible, la diversidad y el rango de las poblaciones de ganado y de las prácticas de gestión del estiércol entre las diferentes regiones de un país. Esto puede requerir que se desarrollen estimaciones independientes para cada región. Los factores de emisión deben actualizarse periódicamente para contabilizar los cambios de las características del estiércol y de las prácticas de gestión. Estas revisiones deben basarse en datos fiables revisados científicamente. Es deseable que se realicen frecuentes monitorizaciones para verificar los parámetros principales del modelo y para rastrear las tendencias de cambio del rubro ganadero.

Tasas de excreción de VS

Los sólidos volátiles (VS) constituyen el material orgánico del estiércol animal y consisten en fracciones tanto biodegradables como no-biodegradables. El valor a aplicar en la Ecuación 10.23 es el del total de VS (tanto las fracciones biodegradables como las no-biodegradables) tal como las excreta cada especie animal, dado que los valores de B_o se basan en el total de VS que entra en los sistemas. La mejor manera de obtener las tasas diarias de excreción de VS es usando datos de fuentes de publicación nacional. Si no se dispone de las tasas diarias de excreción de VS, se puede estimar las específicas del país a partir de los niveles de ingesta alimentaria. La ingesta alimentaria de vacunos y búfalos se puede estimar empleando el método «Mejorado» de caracterización descrito en la Sección 10.2. Esto garantiza también la coherencia de los datos subyacentes a las estimaciones de emisiones. En cuanto a los porcinos, se pueden requerir datos específicos del país sobre producción porcina para estimar la ingesta alimentaria.

El contenido de VS del estiércol equivale a la fracción de la dieta consumida que no se digiere y que, por ende, se excreta como materia fecal y, que, combinada con las excreciones urinarias, constituye el estiércol. Los países deben estimar la ingesta de energía bruta (GE) (Sección 10.2, Ecuación 10.16) y su fracción de digestibilidad, DE, en el proceso de estimar las emisiones entéricas de metano.

Una vez estimados estos valores, la tasa de excreción de VS se estima como sigue:

ECUACIÓN 10.24
TASAS DE EXCRECIÓN DE SÓLIDOS VOLÁTILES

$$VS = \left[GE \cdot \left(1 - \frac{DE\%}{100} \right) + (UE \cdot GE) \right] \cdot \left[\left(\frac{1 - CENIZA}{18,45} \right) \right]$$

Donde:

VS = excreción de sólidos volátiles por día en base a materia orgánica seca, kg VS día⁻¹

GE = ingesta de energía bruta, MJ día⁻¹

DE% = digestibilidad del alimento en porcentaje (p. ej., 60%)

(UE • GE) = energía urinaria expresada como fracción de la GE. Habitualmente, se puede considerar una excreción de energía urinaria de 0,04 GE para la mayoría de los rumiantes (reducir a 0,02 para rumiantes alimentados con 85% o más de grano en la dieta o para porcinos). Utilizar valores específicos del país si se dispone de ellos.

CENIZA = el contenido de ceniza del estiércol calculado como fracción de la ingesta alimentaria de materia seca (p. ej., 0,08 para vacunos). Utilizar valores específicos del país si se dispone de los mismos.

18.45 = factor de conversión para GE dietaria por kg de materia seca (MJ kg^{-1}). Este valor es relativamente constante en toda una gama de forrajes y de alimentos basados en granos que consume regularmente el ganado.

En la Sección 10.2, Cuadro 10.2 de este informe se suministran valores representativos de DE% para distintas categorías de ganado. El valor de la fracción de contenido de cenizas puede variar sustancialmente entre los tipos de ganado y debe reflejar las circunstancias del país.

Valores de B_o

La capacidad máxima de producción de metano del estiércol (B_o) varía según las especies y la dieta. El método preferido para obtener valores de medición de B_o es la utilización de datos de fuentes específicas del país, medidos con un método normalizado. Es importante normalizar la medición de la B_o , incluyendo el método de muestreo, y confirmar si el valor está basado en el total de VS excretado o de VS biodegradables, dado que el cálculo de Nivel 2 se basa en el total de VS excretado. Si no se dispone de valores de medición de B_o específicos del país, se suministran valores por defecto en los Cuadros 10A-4 a 10A-9.

MCF

En el Cuadro 10.17 se suministran los factores de conversión de metano (MCF) por defecto para distintos sistemas de gestión del estiércol y según las temperaturas anuales promedio. Los MCF se determinan para un sistema específico de gestión del estiércol y representan el grado en el que se logra la B_o . La cantidad de metano generada por un sistema específico de gestión del estiércol se ve afectada por el grado en que se encuentren presentes las condiciones anaeróbicas, la temperatura del sistema y por el tiempo de retención del material orgánico en el sistema. En los valores de MCF por defecto para lagunas que se presentan en el Cuadro 10.17 se incluye el efecto de los tiempos de retención más prolongados y, como resultado de ello, son más altos que otros sistemas en la mayoría de las circunstancias.

Dado que los sistemas basados en líquidos son muy sensibles a los efectos de la temperatura, donde resulta posible, los valores de MCF por defecto para estos sistemas se han presentado en el Cuadro 10.17 para temperaturas promedio anuales específicas en cada rango de climas. Aunque estos rangos de temperatura deben cubrir la mayoría de las condiciones climáticas, en zonas con temperaturas promedio anuales extremadamente altas o bajas, fuera del rango de 10 a 28 °C, deben utilizar los valores extremos del rango (es decir, 10 o 28 grados) o investigar cómo desarrollar valores específicos para el país.

Estos valores por defecto pueden no incluir la variación potencialmente amplia entre las categorías definidas de los sistemas de gestión. Por lo tanto, de ser posible, deben desarrollarse MCF específicos por país que reflejen los sistemas específicos de gestión empleados en cada país o región en particular. Esto tiene una importancia especial para países con grandes poblaciones de animales o con múltiples regiones climáticas. En tales casos, si es posible, deben realizarse mediciones de campo para cada región climática a fin de reemplazar los valores de MCF por defecto. En las mediciones se deberán incluir los siguientes factores:

- Oportunidad del almacenamiento o de la aplicación;
- Características de los alimentos y de los animales en el lugar de la medición (véase la Sección 10.2 en cuanto al tipo de datos que sería pertinente);
- Duración del almacenamiento;
- Características del estiércol (p. ej., concentraciones de VS de entrada y salida en sistemas líquidos);
- Determinación de la cantidad de estiércol que queda en las instalaciones de almacenamiento (inóculo metanogénico);
- Distribución temporal y de temperatura entre el almacenamiento en interior y al aire libre;
- Fluctuación diaria de la temperatura; y
- Variación estacional de la temperatura.

CUADRO 10.17
VALORES DE MCF POR TEMPERATURA PARA SISTEMAS DE GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

Sistema ^a		MCF según la temperatura promedio anual (°C)																			Fuente y comentarios	
		Frío					Templado												Cálido			
		≤ 10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	≥ 28		
Pastura/Prado/Pradera		1,0%					1,5%												2,0%			Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC en combinación con Hashimoto y Steed (1994).
Distribución diaria		0,1%					0,5%												1,0%			Hashimoto y Steed (1993).
Almacenaje de sólidos		2,0%					4,0%												5,0%			Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC en combinación con Amon <i>et al.</i> (2001), que muestra emisiones de aproximadamente 2% en invierno y 4% en verano. Clima cálido sobre la base del dictamen del Grupo de Expertos del IPCC y Amon <i>et al.</i> (1998).
Corral de engorde		1,0%					1,5%												2,0%			Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC en combinación con Hashimoto y Steed (1994).
Líquido/Fango	Con cobertura de costra natural	10%	11%	13%	14%	15%	17%	18%	20%	22%	24%	26%	29%	31%	34%	37%	41%	44%	48%	50%	Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC en combinación con Mangino <i>et al.</i> (2001) y Sommer (2000). La reducción estimada por cobertura de costra (40%) es un valor promedio anual basado en un conjunto limitado de datos y puede variar significativamente según la temperatura, las precipitaciones y la composición. Cuando se utilizan cisternas de líquidos semipastosos como depósitos <i>fed-batch</i> /digestores, el MCF debe calcularse según la Fórmula 1.	
	Sin cobertura de costra natural	17%	19%	20%	22%	25%	27%	29%	32%	35%	39%	42%	46%	50%	55%	60%	65%	71%	78%	80%	Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC en combinación con Mangino <i>et al.</i> (2001). Cuando se utilizan cisternas de líquidos semipastosos como depósitos <i>fed-batch</i> /digestores, el MCF debe calcularse según la Fórmula 1.	

CUADRO 10.17 (CONTINUACIÓN)
VALORES DE MCF POR TEMPERATURA PARA SISTEMAS DE GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

CUADRO 10.17 (CONTINUACIÓN)																					
VALORES DE MCF POR TEMPERATURA PARA SISTEMAS DE GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL																					
Sistema ^a		MCF según la temperatura promedio anual (°C)																			Fuente y comentarios
		Frío					Templado												Cálido		
		≤ 10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	≥ 28	
Laguna anaeróbica no cubierta		66%	68%	70%	71%	73%	74%	75%	76%	77%	77%	78%	78%	78%	79%	79%	79%	79%	80%	80%	Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC en combinación con Mangino <i>et al.</i> (2001). Los MCF de lagunas no cubiertas varían por varios factores, incluyendo temperatura, tiempo de retención, y pérdida de sólidos volátiles del sistema (por la remoción de efluentes y/o sólidos de la laguna).
Almacenamiento en pozos por debajo de lugares de confinamiento animal	< 1 mes	3%					3%												30%		Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC en combinación con Moller <i>et al.</i> (2004) y Zeeman (1994). Nótese que debe utilizarse la temperatura ambiente, y no la estable, para determinar las condiciones climáticas. Cuando se utilizan pozos como depósitos <i>fed-batch</i> /digestores, el MCF debe calcularse según la Fórmula 1.
	> 1 mes	17%	19%	20%	22%	25%	27%	29%	32%	35%	39%	42%	46%	50%	55%	60%	65%	71%	78%	80%	Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC en combinación con Mangino <i>et al.</i> (2001). Nótese que debe utilizarse la temperatura ambiente, y no la estable, para determinar las condiciones climáticas. Cuando se utilizan pozos como depósitos <i>fed-batch</i> /digestores, el MCF debe calcularse según la Fórmula 1.

CUADRO 10.17 (CONTINUACIÓN)
VALORES DE MCF POR TEMPERATURA PARA SISTEMAS DE GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

CUADRO 10.17 (CONTINUACIÓN)																							
VALORES DE MCF POR TEMPERATURA PARA SISTEMAS DE GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL																							
Sistema ^a		MCF según la temperatura promedio anual (°C)																		Fuente y comentarios			
		Frío					Templado												Cálido				
		≤ 10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27			≥ 28	
Digestor anaeróbico		0-100%					0-100%												0-100%			Debe subdividirse en diferentes categorías, considerando la cantidad de recuperación de biogás, el quemado de biogás y el almacenamiento post-digestión. Cálculo con la Fórmula 1.	
Quemado para combustible		10%					10%												10%			Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC en combinación con Safley <i>et al.</i> (1992).	
Camas profundas para vacunos y porcinos	< 1 mes	3%					3%												30%			Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC en combinación con Moller <i>et al.</i> (2004). Es de esperar que las emisiones sean similares, y posiblemente mayores, que las del almacenamiento en pozo, según el contenido orgánico y del de humedad.	
Camas profundas para vacunos y porcinos (cont.)	> 1 mes	17%	19%	20%	22%	25%	27%	29%	32%	35%	39%	42%	46%	50%	55%	60%	65%	71%	78%	80%	Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC en combinación con Mangino <i>et al.</i> (2001).		
Fabricación de abono orgánico (<i>compost</i>) – en tambor		0,5%					0,5%												0,5%			Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC y Amon <i>et al.</i> (1998). Los MCF son menos de la mitad del almacenamiento de sólidos No dependiente de la temperatura.	
Fabricación de abono orgánico (<i>compost</i>) – Pila estática ^b		0,5%					0,5%												0,5%			Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC y Amon <i>et al.</i> (1998). Los MCF son menos de la mitad del almacenamiento de sólidos No dependiente de la temperatura.	
Fabricación de abono orgánico (<i>compost</i>) – intensivo en filas ^b		0,5%					1,0%												1,5%			Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC y Amon <i>et al.</i> (1998). Los MCF son algo menos que el almacenamiento de sólidos. Menos dependiente de la temperatura.	
Fabricación de abono orgánico (<i>compost</i>) – pasivo en filas ^b		0,5%					1,0%												1,5%			Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC y Amon <i>et al.</i> (1998). Los MCF son algo menos que el almacenamiento de sólidos. Menos dependiente de la temperatura.	

CUADRO 10.17 (CONTINUACIÓN)
VALORES DE MCF POR TEMPERATURA PARA SISTEMAS DE GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

CUADRO 10.17 (CONTINUACIÓN)																					
VALORES DE MCF POR TEMPERATURA PARA SISTEMAS DE GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL																					
Sistema ^a	MCF según la temperatura promedio anual (°C)																		Fuente y comentarios		
	Frío					Templado										Cálido					
	≤ 10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		≥ 28	
Estiércol de aves de corral con hojarasca	1,5%					1,5%										1,5%			Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC. Los MCF son similares al almacenamiento de sólidos aunque, generalmente, con constantes temperaturas altas.		
Estiércol de aves de corral sin hojarasca	1,5%					1,5%										1,5%			Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC. Los MCF son similares a los de corral de engorde en un clima cálido.		
Tratamiento aeróbico	0%					0%										0%			Los MCF son cercanos a cero. El tratamiento aeróbico puede traer como resultado una acumulación de barros que se pueden tratar en otros sistemas. Los barros requieren remoción y tienen altos valores de VS. Es importante identificar el siguiente proceso de gestión del barro y estimar las emisiones resultantes del proceso de gestión, si son significativas.		
Fórmula 1 (El marco temporal para las entradas debe reflejar el período de operación del digestor): MCF = [{CH ₄ prod - CH ₄ usado - CH ₄ + (MCF _{almacenamiento} /100 * B _o * VS _{almacenamiento} * 0.67)}/ (B _o * VS _{almacenamiento} * 0.67)] *100 Donde: CH ₄ prod = producción de metano en el digestor, (kg CH ₄). Nota: cuando se utiliza una tapa estanca al gas en el almacenamiento de estiércol digerido, debe incluirse la producción de gas del almacenamiento. CH ₄ usado = cantidad de gas metano utilizado para energía (kg CH ₄) CH ₄ = cantidad de metano quemado, (kg CH ₄) MCF _{almacenamiento} = MCF para CH ₄ emitido durante el almacenamiento de estiércol digerido (%) VS _{almacenamiento} = cantidad de VS excretados que van a almacenamiento antes de la digestión (kg VS) Cuando se incluye un almacenamiento estanco al gas: MCF _{almacenamiento} = 0 ; de lo contrario, MCF _{almacenamiento} = valor del MCF para almacenamiento de líquidos																					
^a Las definiciones para sistemas de gestión del estiércol se presentan en el Cuadro 10.18.																					
^b El compostaje es la oxidación biológica de un residuo sólido, incluyendo estiércol, habitualmente con cama u otra fuente de carbono orgánico, típicamente a temperaturas termofílicas producidas por la producción microbiana de calor.																					

10.4.3 Elección de los datos de la actividad

Hay dos tipos principales de datos de la actividad para estimar las emisiones de CH₄ de la gestión del estiércol: (1) los datos de la población animal; y (2) los datos del uso del sistema de gestión del estiércol.

Los datos de la población animal deben obtenerse empleando el método descrito en la Sección 10.2. Como se señalara en la Sección 10.2, constituye una *buena práctica* realizar una única caracterización de la población que suministre los datos de la actividad para todas las fuentes de emisión sobre la base de los datos de la población de ganado. No obstante, es importante hacer notar que el nivel de desagregación de los datos de la población de ganado requerido para estimar las emisiones de la gestión del estiércol puede ser diferente a los usados para otras fuentes, como la fermentación entérica. Por ejemplo, para ciertas especies/categorías de la población de ganado, como los vacunos, la caracterización mejorada requerida para la estimación de la fermentación entérica de Nivel 2 puede agregarse a categorías más amplias que son suficientes para esta categoría de fuente. Para otras especies de ganado, como el porcino, puede ser preferible tener más desagregación de categorías por peso para los cálculos de la gestión del estiércol que para la fermentación entérica. Sin embargo, se debe mantener la coherencia en el total de las categorías de ganado a través de todo el inventario.

Se alienta a los organismos a cargo del inventario de los países con diversas condiciones climáticas a obtener datos de la población para cada una de las zonas climáticas importantes. Además, donde resulte posible, debe obtenerse la temperatura promedio anual asociada donde el estiércol del ganado se gestione en sistemas basados en líquidos (p. ej., pozos, tanques y lagunas). Esto permite una selección más específica de los factores por defecto o de los valores de MCF para aquellos sistemas que sean más sensibles a los cambios de temperatura. Lo ideal es que se pueda obtener una discriminación de la población regional de estadísticas nacionales publicadas sobre ganado y los datos de la temperatura de las estadísticas meteorológicas nacionales. Si no se dispone de datos regionales, debe consultarse a expertos respecto a las pautas de producción regional (p. ej., leche, carne y lana) o la distribución de la tierra, lo que puede proporcionar la información requerida para estimar las distribuciones animales regionales.

Para aplicar el método de Nivel 2, debe recabarse información sobre el estiércol que se gestiona en cada sistema de gestión del estiércol para cada especie animal representativa. En el Cuadro 10.18 se resumen los principales tipos de sistemas de gestión del estiércol. Deben emplearse datos cuantitativos para distinguir si el sistema se caracteriza como de almacenamiento de sólidos o de líquido/fango. El límite entre seco y líquido puede fijarse en un 20% de contenido de materia seca. Nótese que, en algunos casos, el estiércol se puede gestionar mediante varios tipos de sistemas de gestión del estiércol. Por ejemplo, el estiércol que se elimina con agua a presión desde un establo lechero de estabulación libre a una laguna anaeróbica puede pasar previamente a través de una unidad de separación de sólidos en la que parte de los sólidos del estiércol se quitan y se gestionan como sólido. Por lo tanto, es importante analizar cuidadosamente la fracción de estiércol que se gestiona en cada tipo de sistema.

El mejor medio para obtener datos sobre la distribución de sistemas de gestión del estiércol es la consulta de estadísticas nacionales de publicación regular. Si no se dispone de tales estadísticas, la alternativa preferida es realizar un sondeo independiente del uso de sistemas de gestión del estiércol. Si no se dispone de recursos para realizar un sondeo, se debe consultar a expertos para obtener una opinión respecto a la distribución de sistemas. En el Volumen 1, Capítulo 2 *Métodos para la recopilación de datos*, se describe cómo obtener dictámenes de expertos. Se pueden emplear protocolos similares de solicitud a expertos para obtener datos sobre la distribución de sistemas de gestión del estiércol.

10.4.4 Evaluación de incertidumbre

FACTORES DE EMISIÓN

Hay importantes incertidumbres relacionadas con los factores de emisión por defecto para el Nivel 1 (véanse los Cuadros 10.14 a 10.16). El rango de incertidumbre de los factores por defecto puede estimarse en $\pm 30\%$. Se estima que las mejoras logradas con las metodologías de Nivel 2 reducen los rangos de incertidumbre de los factores de emisión en hasta $\pm 20\%$. Las mediciones de emisiones exactas y bien diseñadas de tipos de estiércol y de sistemas de gestión de estiércol bien caracterizados pueden servir de ayuda para reducir aun más estas incertidumbres. En estas mediciones deben tenerse en cuenta la temperatura, las condiciones de humedad, la aireación, el contenido de VS, la duración del almacenamiento y otros aspectos del tratamiento.

Los valores por defecto pueden tener mayor incertidumbre en un país dado porque pueden no reflejar las condiciones específicas de gestión del estiércol presentes en el país. Las incertidumbres se pueden reducir desarrollando y aplicando valores de MCF, B₀ y VS que reflejen las condiciones específicas del país o la región.

CUADRO 10.18
DEFINICIONES DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

Sistema	Definición
Pastura/Prado/Pradera	Se deja que el estiércol de los animales en pasturas o prados permanezca como tal, sin gestionarse.
Distribución diaria	Como rutina, el estiércol se saca de instalaciones de confinamiento y se aplica a tierras de cultivo o pasturas dentro de las 24 horas de su excreción.
Almacenaje de sólidos	El almacenamiento de estiércol, habitualmente por períodos de varios meses, en pilas o parvas no confinadas. El estiércol puede apilarse debido a la presencia de una suficiente cantidad de material de cama o a la pérdida de humedad por evaporación.
Corral de engorde	Una zona de confinación pavimentada o no sin cobertura vegetativa alguna de la que el estiércol acumulado puede retirarse periódicamente.
Líquido/Fango	El estiércol se almacena tal como se excretara o con un mínimo agregado de agua en tanques o en estanques de tierra fuera del lugar en el que están los animales, habitualmente por períodos de menos de un año.
Laguna anaeróbica no cubierta	Tipo de sistema de almacenamiento en líquido diseñado y operado para combinar la estabilización y el almacenamiento de desechos. Habitualmente, se utiliza el sobrenadante de la laguna para retirar el estiércol de las instalaciones de confinamiento relacionadas con ésta. Las lagunas anaeróbicas se diseñan para diversos períodos de almacenamiento (de hasta un año o más), según la región climática, la tasa de carga de sólidos volátiles y otros factores operativos. El agua de la laguna puede reciclarse como agua para limpieza o usarse para irrigar y fertilizar campos.
Almacenamiento en pozos por debajo de lugares de confinamiento animal	Recogida y almacenamiento del estiércol, habitualmente con poco o ningún agregado de agua y comúnmente por debajo de un suelo emparrillado, en una instalación de confinamiento de animales, habitualmente por períodos de menos de un año.
Digestor anaeróbico	Las excretas animales con o sin paja se recogen y se resumen anaeróbicamente en un gran tanque contenedor o en una laguna cubierta. En general, los digestores se diseñan y operan para la estabilización de los desechos mediante la reducción microbiana de compuestos orgánicos complejos de CO ₂ y CH ₄ , que se capturan y queman o se usan como combustible.
Quemado para combustible	El estiércol y la orina se excretan en el campo. Las tortas de estiércol secas se queman como combustible.
Camas profundas para vacunos y porcinos	A medida que el estiércol se acumula, se agrega constantemente material de cama para absorber la humedad durante un ciclo de producción y, posiblemente, durante hasta 6 a 12 meses. A este sistema de gestión del estiércol se lo conoce también como sistema de gestión del estiércol de estabulado con cama y se puede combinar con engorde en corral o pastura.
Fabricación de abono orgánico (<i>compost</i>) – en tambor ^a	Fabricación de <i>compost</i> , habitualmente en un canal cerrado, con aireación forzada y mezclado permanente.
Fabricación de abono orgánico (<i>compost</i>) – Pila estática ^a	Fabricación de <i>compost</i> en pilas con aireación forzada pero sin mezclado.
Fabricación de abono orgánico (<i>compost</i>) – intensivo en filas ^a	Fabricación de <i>compost</i> en filas con medias vueltas regulares (mínimo diariamente) para mezclado y aireación.
Fabricación de abono orgánico (<i>compost</i>) – pasivo en filas ^a	Fabricación de <i>compost</i> en filas con medias vueltas frecuentes para mezclado y aireación.
Estiércol de aves de corral con hojarasca	Similar a las camas profundas de vacunos y porcinos excepto porque, habitualmente, no se combina con engorde en corral o pastura. Comúnmente se emplea para lotes de aves de cría y para la producción de pollos para carne (parrilleros) y otras aves.
Estiércol de aves de corral sin hojarasca	Puede ser similar a pozos abiertos en instalaciones cerradas de confinación de animales o puede diseñarse y operarse para secar el estiércol a medida que se acumula. Esto último se conoce como sistema elevado de gestión del estiércol y constituye una forma de fabricación pasiva de <i>compost</i> en filas cuando se lo diseña y opera correctamente.
Tratamiento aeróbico	La oxidación biológica del estiércol recolectado como líquido con aireación forzada o natural. La aireación natural se limita a estanques aeróbicos y de retención y a sistemas de humedales, y se debe fundamentalmente a la fotosíntesis. Por ende, habitualmente, estos sistemas se tornan anóxicos durante períodos sin luz solar.

^a El compostaje es la oxidación biológica de un residuo sólido, incluyendo estiércol, habitualmente con cama u otra fuente de carbono orgánico, en general, a temperaturas termofílicas resultado de la producción microbiana de calor.

DATOS DE LA ACTIVIDAD – POBLACIONES DE GANADO

Véase la Sección 10.2 Población de ganado y caracterización de los alimentos en cuanto al análisis de la incertidumbre en los datos de la población y la caracterización animal.

DATOS DE LA ACTIVIDAD – USO DE SISTEMAS DE GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

La incertidumbre de los datos sobre el uso de sistemas de gestión del estiércol depende de las características de la industria ganadera de cada país y de cómo se recabe la información respecto a la gestión del estiércol. Por ejemplo, para países en los que se confía casi exclusivamente en un único tipo de sistema de gestión, como pasturas y prados, la incertidumbre relacionada con los datos sobre el uso de sistemas de gestión puede ser del 10% o menor. Sin embargo, en países con una gran variedad de sistemas de gestión utilizados con diferentes prácticas operativas locales, el rango de incertidumbre en los datos sobre el uso de sistemas de gestión puede ser mucho más alto, de entre el 25 y el 50%, según la disponibilidad de datos fiables y representativos en los que se diferencien las poblaciones animales según el sistema en uso. Preferiblemente, cada país debe estimar la incertidumbre asociada con sus datos sobre el uso de sistemas de gestión empleando los métodos descritos en el Volumen 1, Capítulo 3.

10.4.5 Exhaustividad, series temporales, garantía de calidad/control de calidad y generación de informes

En un inventario completo, deben estimarse las emisiones de CH₄ de todos los sistemas de gestión del estiércol en todas las especies/categorías de ganado identificadas en la Sección 10.2. Se alienta a los países a emplear definiciones de sistemas de gestión del estiércol que sean coherentes con las presentadas en el Cuadro 10.18 a fin de asegurar que se están teniendo en cuenta todos los tipos de sistemas. Se debe realizar una verificación cruzada de los datos de la población entre los principales mecanismos de declaración (como las bases de datos de la FAO y las estadísticas agrícolas nacionales) a fin de asegurar que la información utilizada en el inventario sea completa y coherente. Dada la difundida disponibilidad de la base de datos de la FAO con información ganadera, la mayoría de los países deberían poder preparar, como mínimo, estimaciones de Nivel 1 respecto a las principales categorías de ganado. Para más información respecto a la exhaustividad en la caracterización del ganado, véase la Sección 10.2.

El desarrollo de una serie temporal coherente de estimaciones de emisiones para esta categoría de fuente requiere, como mínimo, recabar una serie temporal internamente coherente de estadísticas de la población de ganado. Se puede encontrar orientación general sobre el desarrollo de una serie temporal coherente en el Volumen 1, Capítulo 5 (Coherencia de la serie temporal).

Si, a través del tiempo, se han producido cambios significativos en las prácticas de gestión del estiércol, el método de Nivel 1 no va a proporcionar una serie temporal exacta de las emisiones (puesto que los factores por defecto de Nivel 1 están basados en un conjunto histórico de parámetros) y se debe considerar la posibilidad de emplear el método de Nivel 2. Cuando se desarrolla una serie temporal para el método de Nivel 2, también es necesario recabar datos sobre los sistemas de gestión del estiércol específicos del país. En los casos en los que no se disponga de datos sobre los sistemas de gestión del estiércol para cierto período de la serie temporal, se pueden emplear tendencias para extrapolar datos de una zona o región de muestra a todo el país, siempre que las condiciones climáticas sean similares (es decir, temperatura y precipitaciones). Si es posible, se debe consultar a los expertos nacionales en ganadería del gobierno, la industria o las universidades para desarrollar tendencias en el uso y las características de los sistemas de gestión.

Si el método de estimación de las emisiones ha cambiado, deben recabarse los datos históricos que requiera el método actual y usarlos para recalcular las emisiones de aquel período. Si no se dispone de tales datos, puede resultar oportuno crear una tendencia con datos recientes y usarla para estimar retroactivamente las prácticas de gestión de la serie temporal. Por ejemplo, puede saberse que ciertas industrias ganaderas se están convirtiendo a sistemas de gestión más intensivos en lugar del pastoreo. Históricamente, se debe capturar este cambio en la serie temporal de emisiones mediante modificaciones a la asignación de sistemas de gestión del estiércol. Puede ser necesario basar esta asignación en el dictamen de expertos del ámbito nacional donde no se disponga de datos de sondeos de amplia cobertura. En el Volumen 1, Capítulo 5 se brinda orientación adicional sobre cómo encarar la realización de los nuevos cálculos. Asimismo, en la Sección 10.2, se sugieren métodos referidos a aspectos de la población animal. En el texto del inventario se debe explicar minuciosamente la forma en la que los cambios en las prácticas rurales o la aplicación de medidas de mitigación han afectado la serie temporal de los datos de la actividad o los factores de emisión.

Es una *buena práctica* realizar verificaciones generales de control de calidad, tal como se plantea en el Volumen 1, Capítulo 6, Garantía de calidad / Control de calidad y verificación, y revisiones a cargo de expertos de las estimaciones de emisión. También pueden ser de aplicación verificaciones de control de calidad y procedimientos de garantía de calidad adicionales, en particular si, para determinar las emisiones de esta fuente, se utilizan métodos de niveles superiores. La GC y el CC en general relacionados con el procesamiento de datos, su manejo y la declaración debe complementarse con los procedimientos que se analizan a continuación.

VERIFICACIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

- El organismo a cargo del inventario debe revisar los métodos usados para recabar datos sobre el ganado y, en particular, verificar que los datos de las subespecies de ganado se hayan recabado y agregado correctamente. Se deberá efectuar una verificación cruzada de los datos con los de los años anteriores, para garantizar que sean razonables y coherentes con la tendencia esperada. Los organismos a cargo del inventario deben documentar los métodos utilizados para recabar datos, identificar las potenciales áreas de sesgo (p. ej., la declaración sistemática de poblaciones animales menores que las reales a los organismos de estadísticas por parte de propietarios ganaderos individuales), y evaluar la representatividad de los datos.
- Se debe revisar regularmente la asignación de sistemas de gestión del estiércol para determinar si se están teniendo en cuenta los cambios producidos en la industria ganadera. La conversión de un tipo de sistema de gestión a otro, y las modificaciones técnicas de la configuración y el comportamiento del sistema deben tenerse en cuenta en la modelización del sistema para el ganado que corresponda.
- La política y la reglamentación nacional del agro pueden tener su efecto sobre los parámetros que se emplean para calcular las emisiones de estiércol y se las debe revisar con regularidad para determinar qué impacto pueden tener. Por ejemplo, las directrices para reducir el escurrimiento de estiércol a masas de agua puede provocar un cambio en las prácticas de gestión y, consecuentemente, afectar el valor del MCF para una categoría de ganado en particular. Se debe mantener la coherencia entre el inventario y los cambios que se vayan produciendo en las prácticas del agro.

REVISIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

- Si se emplea el método de Nivel 1 (utilizando los factores de emisión por defecto del IPCC), el organismo a cargo del inventario debe evaluar con qué grado de exactitud las tasas de excreción de VS, los valores de B_0 y las prácticas de gestión del estiércol por defecto representan las características de la población animal y del estiércol definidas para el país. Debe realizarse mediante una revisión de la información de referencia de los Cuadros 10A-4 a 10A-9 para determinar en qué grado los parámetros de entrada por defecto coinciden con el área del inventario. Si no hay una buena coincidencia, se puede efectuar una sustitución por parámetros específicos del país más apropiados para desarrollar un factor de emisión mejorado.
- Si se emplea el método de Nivel 2, el compilador del inventario debe realizar una verificación cruzada de los parámetros específicos del país (p. ej., tasas de excreción de VS, B_0 y MCF) contra los valores por defecto del IPCC. Se deberán explicar y documentar las diferencias significativas entre los parámetros específicos del país y los parámetros por defecto.
- Si se emplea el método de Nivel 2, la derivación de las tasas de VS deben compararse con las hipótesis de referencia utilizadas para el inventario de fermentación entérica de Nivel 2, si resulta aplicable. Por ejemplo, los componentes de energía bruta y energía digerible utilizados en el inventario de fermentación entérica pueden utilizarse para una verificación cruzada con las tasas de VS derivadas independientemente. La aplicación de la Ecuación 10.24 (Tasas de excreción de sólidos volátiles) se puede emplear, en este caso, para esa comparación cruzada en rumiantes. Para todos los animales, de forma grosera, las tasas de VS deben ser coherentes con la ingesta alimentaria del animal (es decir, la energía residual no debe exceder la energía de la ingesta) y con el rango de valores de DE% declarado en la Sección 10.2, Cuadro 10.2 de este informe.
- Siempre que resulte posible, los datos de mediciones de que se disponga, aunque representen sólo a una pequeña muestra de los sistemas, deben revisarse con respecto a las hipótesis en cuanto a valores de MCF y estimaciones de producción de CH_4 . Los datos de mediciones representativas pueden proporcionar conocimientos sobre el grado de exactitud con que las hipótesis actuales predicen la producción de CH_4 de los sistemas de gestión del estiércol en la zona del inventario, y sobre cómo ciertos factores (p. ej., la temperatura, la configuración del sistema, el tiempo de retención) están afectando las emisiones. Dada la relativa poca cantidad de información de mediciones disponible respecto a estos sistemas a nivel mundial, todo nuevo resultado puede mejorar la comprensión de estas emisiones y, posiblemente, su predicción.

REVISIÓN EXTERNA

- El organismo a cargo del inventario debe utilizar expertos en gestión de estiércol y nutrición animal para llevar a cabo revisiones a cargo de pares expertos de los métodos y datos utilizados. Aunque estos expertos

pueden no estar familiarizados con las emisiones de gases de efecto invernadero, su conocimiento de los principales parámetros de entrada para los cálculos de las emisiones pueden ayudar a la verificación general de las emisiones. Por ejemplo, los bromatólogos pueden evaluar las tasas de producción de VS para confirmar si son coherentes con lo investigado respecto a utilización de alimentos para ciertas especies de ganado. Los productores del agro pueden proporcionar sus conocimientos sobre las verdaderas técnicas de gestión del estiércol, como períodos de almacenamiento y uso de sistemas mixtos. Siempre que resulte posible, estos expertos deben ser totalmente independientes del proceso del inventario, para permitir una revisión real externa.

Es una *buena práctica* documentar y archivar toda la información requerida para producir las estimaciones del inventario de emisiones nacionales, como se plantea en el Volumen 1, Capítulo 6 (Garantía de calidad / Control de calidad y verificación). Cuando se han utilizado datos específicos del país (p. ej., factores de emisión, prácticas de gestión del estiércol, y características del estiércol, como VS y B_0), la derivación o las referencias de estos datos deben documentarse y declararse claramente junto con los resultados del inventario bajo la categoría fuente del IPCC que corresponda. Para mejorar la transparencia, las estimaciones de emisiones de esta categoría fuente deben declararse conjuntamente con los datos de la actividad y los factores de emisión utilizados para determinar las estimaciones.

Se debe documentar la siguiente información:

- Todos los datos de la actividad (p. ej., datos de la población de ganado por especie/categoría y por región), incluyendo las fuentes utilizadas, con mención completa de la base de datos estadísticos de la que se recabaron los datos, y (en los casos en los que los datos no estuvieran disponibles directamente de las bases de datos) la información y las hipótesis que se usaron para derivar los datos de la actividad.
- Las condiciones climáticas (p. ej., temperatura promedio durante el almacenamiento) en las regiones, de corresponder.
- Los datos sobre el sistema de gestión del estiércol, por especie/categoría de ganado y por región, de corresponder. Si se emplean sistemas de gestión del estiércol diferentes a los definidos en este capítulo, se los debe describir.
- La frecuencia de la recolección de datos y estimaciones de su exactitud y precisión.
- Documentación de los factores de emisión, incluyendo:
 - (iv) Las referencias que se usaron para los factores de emisión (por defecto del IPCC u otras); y
 - (v) La base científica de estos factores de emisión y métodos, incluyendo la definición de los parámetros de entrada y la descripción del proceso por el cual se derivaron estos factores de emisión y métodos, así como describir las fuentes y magnitudes de las incertidumbres. (En los inventarios en los que se utilizaron factores de emisión específicos de la región o del país, o en los que se utilizaron nuevos métodos diferentes a los descritos aquí).
- Si se utiliza un método de Nivel 1, todos los factores de emisión por defecto que se emplearon en la estimación de las emisiones para las especies/categorías específicas de la población de ganado.
- Si se empleó el método de Nivel 2, la documentación de los componentes para el cálculo de los factores de emisión, incluyendo:
 - (vi) Valores de VS y B_0 para todas las especies/categorías de la población de ganado del inventario, ya sean específicos del país, de la región o por defecto del IPCC; y
 - (vii) Valores de MCF para todos los sistemas de gestión utilizados, fueren específicos del país o por defecto del IPCC.

10.5 EMISIONES DE N_2O POR LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

En esta sección se describe cómo estimar el N_2O producido, directa o indirectamente, durante el almacenamiento y el tratamiento del estiércol antes de que se lo aplique a la tierra o se lo utilice de otra manera con fines alimentarios, como combustible o para la construcción. El término «estiércol» se utiliza aquí, colectivamente, para incluir bosta y orina (es decir, los sólidos y los líquidos) producidos por el ganado. Las emisiones de N_2O generadas por el estiércol en el sistema «pastura, prados y praderas» se producen directa e indirectamente desde el suelo y, por lo tanto, se declaran bajo la categoría «Emisiones de N_2O de suelos gestionados» (véase el Capítulo 11, Sección 11.2). Las emisiones relacionadas con la quema de estiércol como combustible se declaran

bajo «Quema de combustible» (véase el Volumen 2: Energía), o bajo «Combustión de desechos» (véase el Volumen 5: Desechos) si se queman sin recuperación de energía.

Las emisiones directas de N_2O se producen a través de la nitrificación y desnitrificación combinadas del nitrógeno contenido en el estiércol. La emisión de N_2O del estiércol durante su almacenamiento y tratamiento depende de su contenido de nitrógeno y de carbono, así como de la duración del almacenamiento y del tipo de tratamiento. La nitrificación (oxidación del nitrógeno amoniacal en nitrógeno nitrato) es un prerequisite necesario para la emisión de N_2O del estiércol animal almacenado. Es factible que la nitrificación se produzca en el estiércol animal almacenado siempre que haya un suministro de oxígeno suficiente. La nitrificación no se produce bajo condiciones anaeróbicas. Los nitritos y nitratos se transforman en N_2O y en dinitrógeno (N_2) durante el proceso de desnitrificación que se produce naturalmente, un proceso anaeróbico. Hay acuerdo general en la bibliografía científica respecto a que la relación N_2O / N_2 se incrementa a medida que aumentan la acidez y la concentración de nitratos, y se reduce la humedad. En resumen, la producción y emisión de N_2O del estiércol gestionado requiere la presencia de nitritos o de nitratos en un ambiente anaeróbico, precedida por las condiciones aeróbicas necesarias para la formación de estas formas oxidadas del nitrógeno. Además, se deben dar las condiciones que impiden que el N_2O se reduzca a N_2 , como un bajo pH o una humedad limitada.

Las emisiones indirectas son el resultado de pérdidas de nitrógeno volátil que se producen fundamentalmente en forma de amoníaco y NO_x . La fracción de nitrógeno orgánico excretado que se mineraliza a nitrógeno amoniacal durante la recolección y el almacenamiento del estiércol depende fundamentalmente del tiempo y, en menor grado, de la temperatura. Las formas simples de nitrógeno orgánico, como la urea (en mamíferos) y el ácido úrico (en las aves) se mineralizan rápidamente para formar nitrógeno amoniacal; éste es muy volátil y se esparce fácilmente en el aire circundante (Asman *et al.*, 1998; Monteny y Erisman, 1998). Las pérdidas de nitrógeno comienzan en el punto de excreción de las casas y otras áreas de producción animal (p. ej., tambos) y continúan durante la gestión *in situ* y los sistemas de almacenamiento y tratamiento (es decir, los sistemas de gestión del estiércol). También se pierde nitrógeno durante el escurrimiento y la lixiviación a los suelos del almacenamiento de sólidos de estiércol a la intemperie, en corrales de engorde y donde pastan los animales en las pasturas. Las pérdidas en pasturas se analizan por separado en el Capítulo 11, Sección 11.2, *Emisiones de N_2O de suelos gestionados*, así como las emisiones de compuestos de nitrógeno del ganado en pastoreo.

Dadas las significativas pérdidas directas e indirectas de nitrógeno del estiércol en los sistemas de gestión, es importante estimar la cantidad remanente de nitrógeno del estiércol animal disponible para su aplicación a suelos o para su uso alimentario, como combustible o con fines de construcción. Este valor se utiliza para el cálculo de las emisiones de N_2O de suelos gestionados (véase el Capítulo 11, Sección 11.2). La metodología para estimar el nitrógeno del estiércol que se aplica directamente a los suelos, o disponible para su empleo alimentario, como combustible o con fines de construcción se describe en este capítulo en la Sección 10.5.4 “Coordinación con la declaración para emisiones de N_2O de suelos gestionados”.

10.5.1 Elección del método

El nivel de detalle y los métodos elegidos para estimar las emisiones de N_2O de los sistemas de gestión del estiércol dependen de las circunstancias del país y el árbol de decisiones de la Figura 10.4 describe una *buen práctica* para seleccionar un método en consecuencia. En las siguientes secciones se describen los diferentes niveles a que se hace referencia en el árbol de decisiones para calcular las emisiones directas e indirectas de N_2O de los sistemas de gestión del estiércol.

Emisiones directas de N_2O resultantes de la gestión del estiércol

Nivel 1

El método de Nivel 1 implica multiplicar la cantidad total de excreción de N (de todas las especies/categorías de ganado) en cada tipo de sistema de gestión del estiércol por un factor de emisión para ese tipo de sistema de gestión del estiércol (véase la Ecuación 10.25). Entonces, se suman las emisiones de todos los sistemas de gestión del estiércol. El método de Nivel 1 se aplica empleando los factores de emisión de N_2O por defecto del IPCC, los datos de excreción de nitrógeno por defecto, y los datos de los sistemas de gestión del estiércol por defecto (Véase el Anexo 10A.2, Cuadros 10A-4 a 10A-8 en cuanto a las asignaciones de sistemas de gestión por defecto).

Nivel 2

Un método de Nivel 2 sigue la misma ecuación de cálculos que el de Nivel 1, pero incluye el uso de datos específicos del país para algunas o todas estas variables. Por ejemplo, el uso de tasas de excreción de nitrógeno específicas del país para las categorías de ganado constituiría una metodología de Nivel 2.

Nivel 3

En un método de Nivel 3 se utilizan procedimientos de estimación alternativos basados en una metodología específica del país. Por ejemplo, un método basado en procesos y equilibrio de masa que rastrea el nitrógeno a

lo largo del sistema, comenzando por el ingreso alimentario y terminando con el uso/la eliminación final, podría utilizarse como procedimiento de Nivel 3. Los métodos de Nivel 3 deben estar bien documentados para describir claramente los procedimientos de estimación.

Para estimar las emisiones de los sistemas de gestión del estiércol, en primer lugar, la población de ganado debe dividirse en categorías que reflejen las diferentes cantidades de estiércol producidas por animal, así como al manera en la que se maneja el estiércol. Esta clasificación del estiércol según el tipo de sistema debe ser la misma que la utilizada para caracterizar las emisiones de metano de la gestión del estiércol (véase la Sección 10.4). Por ejemplo, si se emplean factores de emisión por defecto de Nivel 1 para calcular las emisiones de CH₄, deben aplicarse los datos sobre el uso de sistemas de gestión del estiércol de los Cuadros 10A-4 a 10A-8. En la Sección 10.2 se proporciona información detallada sobre cómo caracterizar a la población de ganado para esta fuente.

Se utilizan los siguientes cinco pasos para estimar las emisiones directas de N₂O producidas por la gestión del estiércol:

Paso 1: recabar datos de la población a partir de la caracterización de la población de ganado;

Paso 2: usar valores por defecto o desarrollar la tasa promedio anual de excreción de nitrógeno por cabeza (N_{ex(T)}) para cada especie/categoría de ganado definida T;

Paso 3: usar valores por defecto o determinar la fracción de la excreción total anual de nitrógeno para cada especie/categoría de ganado T que se gestiona en cada sistema de gestión del estiércol S (MS_(T,S));

Paso 4: usar valores por defecto o desarrollar factores de emisión de N₂O para cada sistema de gestión del estiércol S (EF_{3(S)}); y

Paso 5: para cada tipo de sistemas de gestión del estiércol S, multiplicar su factor de emisión (EF_{3(S)}) por la cantidad total de nitrógeno gestionado (de todas las especies/categorías de ganado) de ese sistema, para estimar las emisiones de N₂O de ese sistema de gestión del estiércol. Entonces, se suman todos los sistemas de gestión del estiércol.

En algunos casos, el nitrógeno del estiércol puede gestionarse mediante varios tipos de sistemas de gestión del estiércol. Por ejemplo, el estiércol que se elimina con agua a presión desde un establo lechero de estabulación libre a una laguna anaeróbica puede pasar previamente a través de una unidad de separación de sólidos en la que parte del nitrógeno del estiércol se quita y se gestiona como sólido. Por lo tanto, es importante analizar cuidadosamente la fracción de nitrógeno del estiércol que se gestiona en cada tipo de sistema.

El cálculo de las emisiones directas de N₂O de la gestión del estiércol se basa en la siguiente ecuación:

ECUACIÓN 10.25
EMISIONES DIRECTAS DE N₂O DE LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

$$N_2O_{D(mm)} = \left[\sum_S \left[\sum_T (N_{(T)} \cdot Nex_{(T)} \cdot MS_{(T,S)}) \right] \cdot EF_{3(S)} \right] \cdot \frac{44}{28}$$

Donde:

N₂O_{D(mm)} = emisiones directas de N₂O de la gestión del estiércol del país, kg N₂O año⁻¹

N_(T) = cantidad de cabezas de ganado de la especie/categoría T del país

N_{ex(T)} = promedio anual de excreción de N por cabeza de la especie/categoría T en el país, kg N animal⁻¹ año⁻¹

MS_(T,S) = fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie/categoría de ganado T que se gestiona en el sistema de gestión del estiércol S en el país, sin dimensión

EF_{3(S)} = factor de emisión para emisiones directas de N₂O del sistema de gestión del estiércol S en el país, kg N₂O-N/kg N en el sistema de gestión del estiércol S

S = sistema de gestión del estiércol

T = especie/categoría de ganado

44/28 = conversión de emisiones de (N₂O-N)_(mm) a emisiones de N₂O_(mm)

Puede haber pérdidas de nitrógeno de otras formas (p. ej., amoníaco y NO_x) durante la gestión del estiércol *in situ*. El nitrógeno en forma volatilizada de amoníaco se puede depositar en lugares a los que llega el viento desde áreas de gestión de estiércol y contribuir a las emisiones indirectas de N₂O (véase más adelante). Se alienta a los países a que consideren la utilización de un método de equilibrio de masas (Nivel 3) para rastrear el nitrógeno

excretado del estiércol, gestionado *in situ* en los sistemas de gestión del estiércol y, en última instancia, aplicado a suelos gestionados. La estimación de la cantidad de nitrógeno del estiércol que se aplica directamente a los suelos gestionados, o disponible para su empleo alimentario, como combustible o con fines de construcción se describe en la Sección 10.5.4, Coordinación con la declaración para emisiones de N₂O de suelos gestionados. Véase el Capítulo 11, Sección 11.2 en cuanto a los procedimientos para calcular las emisiones de N₂O del nitrógeno del estiércol gestionado que se aplica en suelos.

Emisiones indirectas de N₂O resultantes de la gestión del estiércol

Nivel 1

El cálculo de Nivel 1 de la volatilización del N en forma de NH₃ y NO_x de sistemas de gestión del estiércol se basa en la multiplicación de la cantidad de nitrógeno excretada (de todas las categorías de ganado) y gestionada en cada sistema de gestión del estiércol por una fracción de nitrógeno volatilizado (véase la Ecuación 10.26). Entonces, se suman las pérdidas de N de todos los sistemas de gestión del estiércol. El método de Nivel 1 se aplica empleando los datos de excreción de nitrógeno por defecto, los datos de los sistemas de gestión del estiércol por defecto (Véase el Anexo 10A.2, Cuadros 10A-4 a 10A-8) y las fracciones de pérdidas de N por defecto de los sistemas de gestión del estiércol debidas a la volatilización (véase el Cuadro 10.2):

ECUACIÓN 10.26
PÉRDIDAS DE N DEBIDAS A LA VOLATILIZACIÓN DE LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

$$N_{\text{volatilización-MMS}} = \sum_S \left[\sum_T \left[\left(N_{(T)} \cdot Nex_{(T)} \cdot MS_{(T,S)} \right) \cdot \left(\frac{Frac_{GasMS}}{100} \right)_{(T,S)} \right] \right]$$

Donde:

$N_{\text{volatilización-MMS}}$ = cantidad de nitrógeno del estiércol que se pierde debido a la volatilización de NH₃ y NO_x, kg N año⁻¹

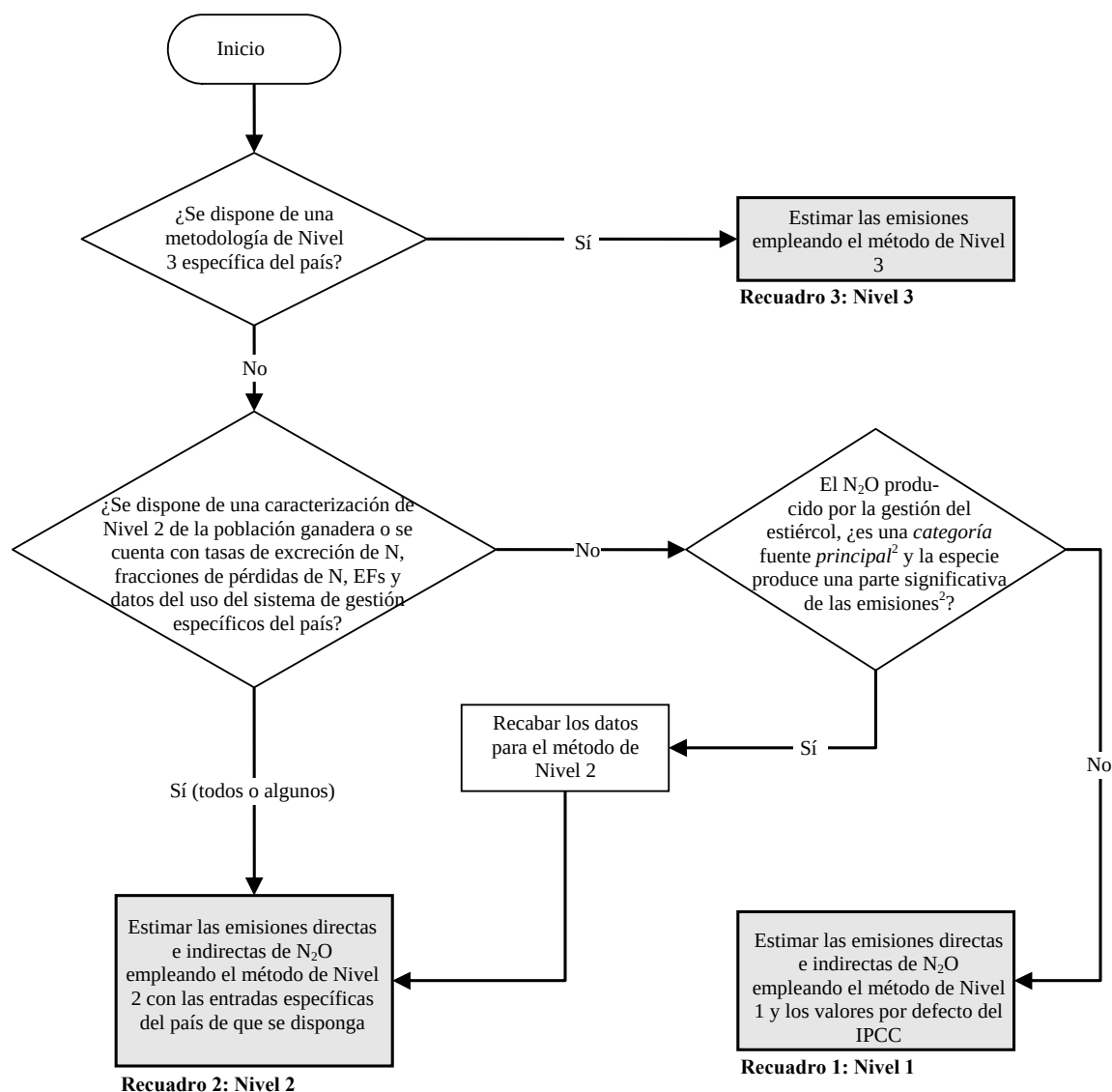
$N_{(T)}$ = cantidad de cabezas de ganado de la especie/categoría T del país

$Nex_{(T)}$ = promedio anual de excreción de N por cabeza de la especie/categoría T en el país, kg N animal⁻¹ año⁻¹

$MS_{(T,S)}$ = fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie/categoría de ganado T que se gestiona en el sistema de gestión del estiércol S en el país, sin dimensión

$Frac_{GasMS}$ = porcentaje de nitrógeno del estiércol gestionado para la categoría de ganado T que se volatiliza como NH₃ y NO_x en el sistema de gestión del estiércol S , %

Figura 10.4 **Árbol de decisiones para emisiones de N₂O resultantes de la gestión del estiércol (Nota 1)**



Nota:

1: Las emisiones de N₂O de los sistemas de gestión del estiércol incluyen fuentes directas e indirectas.

2: Véase el Volumen 1, Capítulo 4, «Opción metodológica e identificación de categorías principales» (principalmente la sección 4.1.2 relativa a los recursos limitados) para el análisis de las *categorías principales* y el uso de los árboles de decisión.

3: Como regla general, una especie de ganado será significativa si es la que produce un 25-30% o más de las emisiones de la categoría fuente.

Las emisiones indirectas de N₂O de la volatilización de N en forma de NH₃ Y NO_x (N₂O_{G(mm)}) se estiman mediante la Ecuación 10.27:

ECUACIÓN 10.27
EMISIONES INDIRECTAS DE N₂O DEBIDAS A LA VOLATILIZACIÓN DE N DE LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

$$N_2O_{G(mm)} = (N_{\text{volatilización-MMS}} \cdot EF_4) \cdot \frac{44}{28}$$

Donde:

N₂O_{G(mm)} = emisiones indirectas de N₂O debidas a la volatilización de N de la gestión del estiércol del país, kg N₂O año⁻¹

EF₄ = factor de emisión para emisiones de N₂O resultantes de la deposición atmosférica de nitrógeno en la superficie del suelo o del agua, kg N₂O-N (kg NH₃-N + NO_x-N volatilizado)⁻¹; el valor por defecto es 0,01 kg N₂O-N (kg NH₃-N + NO_x-N volatilizado)⁻¹, dado en el Capítulo 11, Cuadro 11.3.

Nivel 2

Puede que los países quieran desarrollar una metodología de Nivel 2 para darle mayor consideración a las circunstancias nacionales y reducir la incertidumbre de las estimaciones lo máximo posible. En cuanto a la emisión directa de N₂O de la gestión del estiércol, un método de Nivel 2 seguiría la misma ecuación de cálculos que el de Nivel 1, pero incluiría el uso de datos específicos del país para algunas o todas estas variables. Por ejemplo, el uso de tasas de excreción de nitrógeno específicas del país para las categorías de ganado constituiría un método de Nivel 2. Se podrían utilizar los inventarios nacionales de emisión de NH₃ desarrollados por algunos países para la estimación de Nivel 2 de la volatilización de nitrógeno de los sistemas de gestión de desechos. Un método de nivel 2 exigiría una caracterización más detallada del flujo de nitrógeno a través del ámbito en que se encuentran los animales y de los sistemas de gestión del estiércol utilizados en el país. Se debe evitar el cómputo doble de emisiones asociadas con la aplicación de estiércol gestionado, así como el estiércol relacionado con las operaciones de pastura y pastoreo, que debe calcularse y declararse bajo el Capítulo 11, Sección 11.2 (emisión de N₂O de suelos gestionados).

Los datos de mediciones de pérdidas por lixiviación y escurrimiento de los distintos sistemas de gestión del estiércol son muy limitados. Habitualmente, las mayores pérdidas de N debidas a escurrimiento y lixiviación se producen donde los animales se encuentran en corrales de engorde. En los climas más secos, las pérdidas por escurrimiento son menores que en zonas con altas precipitaciones y se han estimado entre el 3 y el 6% del N excretado (Egghball y Power, 1994). En estudios de Bierman *et al.* (1999) se halló que el nitrógeno perdido por escurrimiento era del 5 al 19% del N excretado y que entre un 10 y un 16% se lixiviaba al suelo, mientras que otros datos muestran una pérdida relativamente baja de nitrógeno a través de la lixiviación en almacenamiento de sólidos (menos del 5% del N excretado) pero que también podría producirse una pérdida mayor (Rotz, 2004). Se requiere mayor investigación en este tema para mejorar la estimación de pérdidas y el conocimiento sobre las condiciones y prácticas bajo las cuales se producen tales pérdidas. La Ecuación 10.28 sólo debe utilizarse donde se cuente con información específica del país sobre la fracción de pérdida de nitrógeno debida a lixiviación y escurrimiento de sistemas de gestión del estiércol. Por lo tanto, la estimación de las pérdidas de N por lixiviación y escurrimiento de la gestión del estiércol debe considerarse como parte de un método de Niveles 2 o 3.

El nitrógeno que lixivia al suelo y/o que se escurre durante el almacenamiento de sólidos del estiércol a la intemperie o en corrales de engorde se deriva de la siguiente manera:

ECUACIÓN 10.28
PÉRDIDAS DE N DEBIDAS A LIXIVIACIÓN DE SISTEMAS DE GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

$$N_{\text{lixiviación-MMS}} = \sum_S \left[\sum_T \left[(N_{(T)} \cdot Nex_{(T)} \cdot MS_{(T,S)}) \cdot \left(\frac{Frac_{leachMS}}{100} \right)_{(T,S)} \right] \right]$$

Donde:

N_{lixiviación-MMS} = cantidad de nitrógeno del estiércol que lixivia de los sistemas de gestión del estiércol, kg N año⁻¹

N_(T) = la cantidad de cabezas de ganado de la especie/categoría T del país

$N_{ex(T)}$ = promedio anual de excreción de N por cabeza de la especie/categoría T en el país, kg N animal⁻¹ año⁻¹

$MS_{(T,S)}$ = fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie/categoría de ganado T que se gestiona en el sistema de gestión del estiércol S en el país, sin dimensión

$Frac_{lixiviaciónMS}$ = porcentaje de pérdidas de nitrógeno del estiércol gestionado de la categoría T debido a escurrimiento y lixiviación durante el almacenamiento sólido y líquido del estiércol (rango típico: 1-20%).

Las emisiones indirectas de N₂O por lixiviación y escurrimiento de nitrógeno de sistemas de gestión del estiércol (N₂O_{L(mm)}) se estiman mediante la Ecuación 10.29:

ECUACIÓN 10.29
EMISIONES INDIRECTAS DE N₂O DEBIDAS A LIXIVIACIÓN DE LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

$$N_2O_{L(mm)} = (N_{lixiviación-MMS} \bullet EF_5) \bullet \frac{44}{28}$$

Donde:

N₂O_{L(mm)} = emisiones indirectas de N₂O debidas a lixiviación y escurrimiento de la gestión del estiércol del país, kg N₂O año⁻¹

EF₅ = factor de emisión para emisiones de N₂O por lixiviación y escurrimiento de nitrógeno, kg N₂O-N/kg N lixiviado o escurrido (valor por defecto 0,0075 kg N₂O-N (kg N lixiviado/escurrido)⁻¹, dado en el Capítulo 11, Cuadro 11.3.

Nivel 3

Para reducir la incertidumbre de las estimaciones, se podría desarrollar un método de Nivel 3 con factores de emisión específicos del país para volatilización y lixiviación y escurrimiento de nitrógeno basados en mediciones reales.

Todas las pérdidas de N a través de los sistemas de gestión del estiércol (tanto directas como indirectas) deben excluirse de la cantidad de N del estiércol que se encuentra disponible para su aplicación en suelos y del que se declara en el Capítulo 11, Sección 11.2, *Emisiones de N₂O de suelos gestionados*. Véase la Sección 10.5.4, Coordinación con la declaración para emisiones de N₂O de suelos gestionados, en cuanto a orientación respecto a cómo calcular las pérdidas totales de N de los sistemas de gestión el estiércol.

10.5.2 Elección de los factores de emisión

Tasas anuales promedio de excreción de nitrógeno, $N_{ex(T)}$

Nivel 1

Las tasas anuales de excreción de nitrógeno deben determinarse para cada categoría de ganado definida mediante la caracterización de la población de ganado. Las tasas específicas del país pueden obtenerse directamente de documentos o informes, como los de la bibliografía de la industria del agro y científica, o derivarse de información sobre ingesta y retención de nitrógeno de los animales (como se explica más adelante). En algunas situaciones, puede resultar apropiado emplear tasas de excreción desarrolladas por otros países que tienen ganado de características similares.

Si no se pueden recabar ni derivar datos específicos del país o no se dispone de datos apropiados de otros países, se pueden utilizar las tasas de excreción de nitrógeno por defecto del IPCC que se presentan en el Cuadro 10.19. Estas tasas se presentan en unidades de nitrógeno excretado por cada 1000 kg de animal por día. Estas tasas se pueden aplicar a subcategorías de ganado de diversas edades y etapas de crecimiento empleando un promedio típico de masa animal (TAM) para la subcategoría de la población de que se trate, como se indica en la Ecuación 10.30.

ECUACIÓN 10.30
TASAS DE EXCRECIÓN ANUAL DE N

$$N_{ex(T)} = N_{índice(T)} \bullet \frac{TAM}{1000} \bullet 365$$

Donde:

$N_{ex(T)}$ = excreción anual de N para la categoría de ganado T , kg N animal⁻¹ año⁻¹

$N_{índice(T)}$ = tasa de excreción de N por defecto, kg N (1000 kg masa animal)⁻¹ día⁻¹ (véase el Cuadro 10.19)

$TAM_{(T)}$ = masa animal típica para la categoría de ganado T , kg animal⁻¹

Los valores de TAM por defecto se presentan en los Cuadros 10A-4 a 10A-9 del Anexo 10A.2. No obstante, es preferible recabar valores de TAM específicos del país dada la sensibilidad de las tasas de excreción de nitrógeno a las diferentes categorías de peso. Por ejemplo, los porcinos de mercado pueden variar desde cochinitos que pesan menos de 30 kilos hasta cerdos terminados que pesan más de 90. Elaborando grupos poblacionales de animales que reflejen las diversas etapas de crecimiento de los cerdos de mercado, los países van a poder estimar mejor el total de nitrógeno excretado por la población porcina.

Cuando se estima la $N_{ex(T)}$ para animales cuyo estiércol se clasifica en el sistema de gestión del estiércol como *quemado para combustible* (Cuadro 10.21, Factores de emisión por defecto para emisiones directas de N₂O de la gestión del estiércol), se debe tener presente que el estiércol se quema y que la orina permanece en el campo. Como regla general, el 50% del nitrógeno excretado está en el estiércol y el 50% en la orina. Si el estiércol quemado se utiliza como combustible, entonces las emisiones se declaran bajo la categoría *Quema de combustible* del IPCC (Volumen 2: Energía), mientras que, cuando el estiércol se quema sin recuperación de energía, las emisiones deben declararse bajo la categoría *Incineración de desechos* del IPCC (Volumen 5: Desechos).

Nivel 2

La cantidad anual de N excretada por cada especie/categoría de ganado depende del total de la ingesta anual de N y del total de la retención anual de N del animal. Por lo tanto, las tasas de excreción de N se pueden derivar de los datos de ingesta y de retención de N. La ingesta anual de N (es decir, la cantidad de N que consume el animal por año) depende de la cantidad anual de alimento digerido por el animal y del contenido de proteínas de ese alimento. La ingesta total de alimento depende del nivel de producción del animal (p. ej., tasa de crecimiento, producción de leche, potencia de tiro). La retención anual de N (es decir, la fracción de la ingesta de N que el animal retiene para la producción de carne, leche o lana) es una magnitud de la eficiencia del animal para producir proteína animal a partir de la proteína del alimento. Los datos sobre ingesta y retención de nitrógeno para especies/categorías específicas de ganado pueden estar a disposición en estadísticas nacionales o de parte de bromatólogos. También se puede calcular la ingesta de nitrógeno a partir de los datos sobre ingesta de alimentos y de proteína cruda desarrollados en la Sección 10.2. Los valores de retención de N se suministran en el Cuadro 10.20, Valores por defecto para la fracción de nitrógeno en alimentos, tomada por los animales y que retienen las diferentes especies/categorías de animales. Las tasas de excreción anual de N para cada especie/categoría de ganado ($N_{ex(T)}$) se deriva de la siguiente manera:

ECUACIÓN 10.31
TASAS DE EXCRECIÓN ANUAL DE N (NIVEL 2)

$$N_{ex(T)} = N_{íngesta(T)} \bullet (1 - N_{retención(T)})$$

Donde:

$N_{ex(T)}$ = tasa de excreción anual de N, kg N animal⁻¹ año⁻¹

$N_{íngesta(T)}$ = ingesta anual N por cabeza de la especie/categoría animal T , kg N animal⁻¹ año⁻¹

$N_{retención(T)}$ = fracción de la ingesta anual de N retenida por el animal de la especie/categoría T , sin dimensión

Ejemplo de un método de Nivel 2 para estimar la excreción de nitrógeno en vacunos

La excreción de nitrógeno puede calcularse sobre la base de las mismas hipótesis dietarias empleadas en la modelización de las emisiones por fermentación entérica (véase la Sección 10.2). La cantidad de nitrógeno excretada por el ganado puede estimarse como la diferencia entre el total de nitrógeno ingerido por el animal y el total de nitrógeno retenido para su crecimiento y la producción de leche. Se pueden utilizar las Ecuaciones 10.32 y 10.33 para calcular las variables para ingesta y retención de nitrógeno a usar en la Ecuación 10.31. La tasa total de ingesta de nitrógeno se deriva de la siguiente manera:

ECUACIÓN 10.32
TASAS DE INGESTA DE N PARA VACUNOS

$$N_{ingesta(T)} = \frac{GE}{18,45} \cdot \left(\frac{CP\%}{100} \right) \cdot 6,25$$

Donde:

$N_{ingesta(T)}$ = N consumido diariamente por animal de la categoría T , kg N animal⁻¹ día⁻¹

GE = ingesta de energía bruta del animal, en modelo entérico, basada en energía digerible, producción de leche, preñez, peso actual, peso maduro, tasa de aumento de peso, y constantes del IPCC, MJ animal⁻¹ día⁻¹.

18.45 = fracción de conversión para GE dietaria por kg de materia seca, MJ kg⁻¹. Este valor es relativamente constante para toda una amplia gama de alimentos de forraje y basados en granos que consume habitualmente el ganado.

CP% = porcentaje de proteína cruda de la dieta, entrada

6.25 = conversión de kg de proteína de la dieta a kg de N de la dieta, kg proteína en el alimento (kg N)⁻¹

CUADRO 10.19
VALORES POR DEFECTO PARA LA TASA DE EXCRECIÓN DE NITRÓGENO ^a (KG N (1000 KG MASA ANIMAL)⁻¹ DÍA⁻¹)

Categoría de animal	Región							
	América del Norte	Europa Occidental	Europa Oriental	Oceanía	América Latina	África	Oriente Medio	Asia
Ganado vacuno	0,44	0,48	0,35	0,44	0,48	0,60	0,70	0,47
Otros vacunos	0,31	0,33	0,35	0,50	0,36	0,63	0,79	0,34
Porcinos ^b	0,50	0,68	0,74	0,73	1,64	1,64	1,64	0,50
Mercado	0,42	0,51	0,55	0,53	1,57	1,57	1,57	0,42
Cría	0,24	0,42	0,46	0,46	0,55	0,55	0,55	0,24
Aves de corral	0,83	0,83	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Gallinas >= 1 año	0,83	0,96	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Pollas	0,62	0,55	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Otros pollos	0,83	0,83	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Parrilleros	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
Pavos	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
Patos	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
Ovinos	0,42	0,85	0,90	1,13	1,17	1,17	1,17	1,17
Caprinos	0,45	1,28	1,28	1,42	1,37	1,37	1,37	1,37
Caballos (y mulas, asnos)	0,30	0,26	0,30	0,30	0,46	0,46	0,46	0,46
Camélidos ^c	0,38	0,38	0,38	0,38	0,46	0,46	0,46	0,46
Búfalos ^c	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Visón y turón (kg N cabeza ⁻¹ año ⁻¹) ^d	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59
(kg CH ₄ cabeza ⁻¹ año ⁻¹)	8,10	8,10	8,10	8,10	8,10	8,10	8,10	8,10
Zorro y mapache (kg N cabeza ⁻¹ año ⁻¹) ^d	12,09	12,09	12,09	12,09	12,09	12,09	12,09	12,09

La incertidumbre de estas estimaciones es de ±50%.

^a Resumido de las *Directrices del IPCC de 1996, 1997*; European Environmental Agency, 2002; USA EPA National NH₃ Inventory Draft Report, 2004; y datos de inventarios de GEI del Anexo I que las Partes presentaron ante la Secretaría de la CMNUCC en 2004.

^b La excreción de nitrógeno de los porcinos está basada en una población del país estimada en 90% de porcinos de mercado y 10% de cría.

^c Modificado de la Agencia Europea de Medio Ambiente, 2002.

^d Datos de Hutchings *et al.*, 2001.

CUADRO 10.20 VALORES POR DEFECTO PARA LA FRACCIÓN DE NITRÓGENO EN LA INGESTA DEL GANADO QUE RETIENEN LAS DIFERENTES ESPECIES/CATEGORÍAS DE GANADO (FRACCIÓN DE INGESTA DE N RETENIDA POR EL ANIMAL)	
Categoría de ganado	$N_{\text{retención}(T)}$ (kg N retenido/animal/año) (kg ingesta N/animal/año)⁻¹
Vacas lecheras	0,20
Otros vacunos	0,07
Búfalo	0,07
Ovinos	0,10
Caprino	0,10
Camélidos	0,07
Porcinos	0,30
Equinos	0,07
Aves de corral	0,30
La incertidumbre de estas estimaciones es de ±50%. Fuente: Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC (véase Co-chairs, Editors and Experts; N ₂ O emissions from Manure Management).	

El total de nitrógeno retenido se deriva de la siguiente manera:

ECUACIÓN 10.33 TASAS DE N RETENIDO PARA VACUNOS $N_{\text{retención}(T)} = \left[\frac{\text{Leche} \cdot \left(\frac{\text{Leche PR \%}}{100} \right)}{6,38} \right] + \left[\frac{\text{WG} \cdot \left[268 - \left(\frac{7,03 \cdot \text{NE}_g}{\text{WG}} \right) \right]}{\frac{1\,000}{6,25}} \right]$

Donde:

$N_{\text{retención}(T)}$ = N retenido diariamente por animal de la categoría T, kg N animal⁻¹ día⁻¹

Leche = producción de leche, kg animal⁻¹ día⁻¹ (sólo aplicable a vacas lecheras)

Leche PR% = porcentaje de proteína en la leche, calculado como $[1,9 + 0,4 \cdot \% \text{Grasa}]$, donde %Grasa es una entrada, que se supone como 4% (sólo aplicable a vacas lecheras)

6,38 = conversión de proteína de la leche a N de la leche, kg proteína (kg N)⁻¹

WG = aumento de peso, entrada para cada categoría de ganado, kg día⁻¹

268 y 7,03 = constantes de la Ecuación 3-8 del NRC (1996)

NE_g = energía neta para crecimiento, calculada en la caracterización del ganado sobre la base del peso actual, el peso maduro, la tasa de aumento de peso y constantes del IPCC, MJ día⁻¹

1 000 = conversión de gramos por kilo, g kg⁻¹

6,25 = conversión de kg de proteína de la dieta a kg de N de la dieta, kg proteína (kg N)⁻¹

Los datos de la excreción anual de nitrógeno se emplean también para el cálculo de las emisiones directas e indirectas de N₂O de suelos gestionados (véase el Capítulo 11, Sección 11.2, Emisiones de N₂O de suelos gestionados). Las mismas tasas de excreción de N y los mismos métodos de derivación empleados para estimar las emisiones de N₂O de la gestión del estiércol deben utilizarse para estimar las emisiones de N₂O de suelos gestionados.

Factores de emisión para emisiones directas de N₂O resultantes de la gestión del estiércol

La mejor estimación se obtiene utilizando factores de emisión específicos del país que se hayan documentado íntegramente en publicaciones revisadas por pares. Es una *buena práctica* emplear factores de emisión específicos del país que reflejen la duración real del almacenamiento y el tipo de tratamiento del estiércol animal en cada uno de los sistemas de gestión en uso. Una *buena práctica* en la derivación de factores de emisión específicos del país implica la medición de las emisiones (por unidad de N del estiércol) de diferentes sistemas de gestión, teniendo en cuenta la variabilidad en la duración del almacenamiento y los tipos de tratamiento. Cuando se definen los tipos de tratamiento,

se deben tener en cuenta condiciones tales como la aireación y la temperatura. Si los organismos a cargo del inventario emplean factores de emisión específicos del país, se los alienta a que suministren la justificación de tales valores mediante documentación revisada por pares.

Si no se dispone de factores de emisión específicos del país, se alienta a los organismos a cargo del inventario a que utilicen los factores de emisión por defecto que se presentan en el Cuadro 10.21, Factores de emisión por defecto para emisiones directas de N_2O de la gestión del estiércol. Este cuadro contiene los factores de emisión por defecto por sistema de gestión del estiércol. Nótese que las emisiones de sistemas líquidos/de fango sin una cobertura de costra natural, de lagunas anaeróbicas y de digestores anaeróbicos se consideran insignificantes debido a la ausencia de formas oxidadas de nitrógeno que ingresan en el sistema combinadas con el bajo potencial de nitrificación y desnitrificación que se puede producir en el sistema.

Factores de emisión para emisiones indirectas de N_2O resultantes de la gestión del estiércol

A fin de estimar las emisiones indirectas de N_2O de la gestión del estiércol, se requieren dos fracciones de pérdidas de nitrógeno (debidas a la volatilización y a lixiviación/escurrimiento) y dos factores de emisión indirecta de N_2O relacionados con tales pérdidas (EF_4 y EF_5). Los valores por defecto para las pérdidas de N por volatilización se presentan en el Cuadro 10.22. Los valores representan las tasas promedio de pérdida de N en forma de NH_3 y de NO_x , con la mayoría de las pérdidas en forma de NH_3 . Los rangos reflejan los valores que aparecen en la bibliografía. Los valores representan las condiciones sin que se aplique al nitrógeno ninguna medida de control significativa. Se alienta a los países a desarrollar valores específicos del país, en particular en lo relacionado con las pérdidas de amoníaco donde las emisiones de componentes pueden estar bien caracterizadas como parte de evaluaciones más generales de la calidad del aire y donde las emisiones pueden verse afectadas por estrategias de reducción de nitrógeno. Por ejemplo, una descripción detallada de metodologías para estimar el NH_3 y otras pérdidas de nitrógeno empleando procedimientos de equilibrio de masas/flujo de masas puede encontrarse en la EMEP/CORINAIR Atmospheric Inventory Guidebook, Chapter 1009 (European Environmental Agency, 2002).

La fracción de nitrógeno del estiércol que lixivia de los sistemas de gestión del estiércol ($Frac_{leachMS}$) es muy incierta y debe desarrollarse un valor específico del país aplicado al método de Nivel 2.

En el Capítulo 11, Cuadro 11.3 (Factores de emisión, volatilización y lixiviación por defecto para emisiones indirectas de N_2O del suelo) se proporcionan valores por defecto para EF_4 (volatilización y redeposición de N) y EF_5 (lixiviación/escurrimiento de N).

10.5.3 Elección de los datos de la actividad

Hay dos tipos principales de datos de la actividad para estimar las emisiones de N_2O de la gestión del estiércol: (1) los datos de la población de ganado; y (2) los datos del uso del sistema de gestión del estiércol.

Datos de la población de ganado, $N_{(T)}$

Los datos de la población animal deben obtenerse empleando el método descrito en la Sección 10.2. Si se emplean tasas de excreción de nitrógeno por defecto para estimar las emisiones de N_2O de los sistemas de gestión del estiércol, será suficiente contar con una caracterización de la población de ganado de Nivel 1. Para estimar las emisiones de N_2O de la gestión del estiércol utilizando tasas de excreción de nitrógeno calculadas, se debe realizar una caracterización de Nivel 2. Como se señalara en la Sección 10.2, una *buena práctica* para la caracterización de poblaciones ganaderas es llevar a cabo una única caracterización que suministre los datos de la actividad para todas las fuentes de emisión que dependen de los datos de la población ganadera.

Datos sobre el uso del sistema de gestión del estiércol, $MS_{(T,S)}$

Los datos sobre el uso del sistema de gestión del estiércol para estimar las emisiones de N_2O de la gestión del estiércol deben ser los mismos que los empleados para estimar las emisiones de CH_4 de la gestión del estiércol (véase, en el Cuadro 10.18, un resumen de los principales tipos de sistemas de gestión del estiércol). Se debe recabar cuál es la porción de estiércol que se gestiona en cada sistema de gestión del estiércol para cada una de las categorías de ganado representativas. Nótese que, en algunos casos, el estiércol se puede gestionar mediante varios tipos de sistemas de gestión del estiércol. Por ejemplo, el estiércol que se elimina con agua a presión desde un establo lechero de estabulación libre a una laguna anaeróbica puede pasar previamente a través de una unidad de separación de sólidos en la que parte de los sólidos del estiércol se quitan y se gestionan como sólido. Por lo tanto, es importante analizar cuidadosamente la fracción de estiércol que se gestiona en cada tipo de sistema.

El mejor medio para obtener datos sobre la distribución de sistemas de gestión del estiércol es la consulta de estadísticas nacionales de publicación regular. Si no se dispone de tales estadísticas, la alternativa preferida es realizar un sondeo independiente del uso de sistemas de gestión del estiércol. Si no se dispone de recursos para realizar un sondeo, se debe consultar a los expertos para obtener una opinión respecto a la distribución de sistemas. Si no se dispone de datos sobre el uso del sistema de gestión del estiércol específicos del país, se deben usar valores por defecto. Los valores por defecto del IPCC para vacas lecheras, otros vacunos, búfalos, porcinos (de mercado y de cría) y aves de corral deben tomarse de los Cuadros 10A-4 a 10A-8 del Anexo 10A.2. Habitualmente, el estiércol de las demás categorías de animales se gestiona en operaciones de pasturas y pastoreo.

CUADRO 10.21					
FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO PARA EMISIONES DIRECTAS DE N ₂ O DE LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL					
Sistema	Definición		EF ₃ [kg N ₂ O-N (kg nitrógeno excretado) ⁻¹]	Rangos de incertidumbre de EF ₃	Fuente ^a
Pastura/Prado/Pradera	Se deja que el estiércol de los animales en pasturas o prados permanezca como tal, sin gestionarse.		Las emisiones directas e indirectas de N ₂ O relacionadas con el estiércol depositado en suelos agrícolas y en sistemas de pasturas, prados y praderas se tratan en el Capítulo 11, Sección 11.2, Emisiones de N ₂ O de suelos gestionados.		
Distribución diaria	Como rutina, el estiércol se saca de instalaciones de confinamiento y se aplica a tierras de cultivo o pasturas dentro de las 24 horas de su excreción. Se supone que las emisiones de N ₂ O durante el almacenamiento y el tratamiento equivalen a cero. Las emisiones de N ₂ O de aplicación en tierra están cubiertas bajo la categoría suelos agrícolas.		0	No aplicable	Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC (véase Co-chairs, Editors and Experts; N ₂ O emissions from Manure Management).
Almacenaje de sólidos ^b	El almacenamiento de estiércol, habitualmente por períodos de varios meses, en pilas o parvas no confinadas. El estiércol puede apilarse debido a la presencia de una suficiente cantidad de material de cama o a la pérdida de humedad por evaporación.		0,005	Factor de 2	Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC en combinación con Amon <i>et al.</i> (2001), que señala emisiones que oscilan entre 0,0027 y 0,01 kg N ₂ O-N (kg N) ⁻¹ .
Corral de engorde	Una zona de confinación pavimentada o no sin cobertura vegetativa alguna de la que el estiércol acumulado puede retirarse periódicamente. Los corrales de engorde se encuentran habitualmente en los climas secos, pero también se emplean en climas húmedos.		0,02	Factor de 2	Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC en combinación con Kulling (2003)..
Líquido/Fango	El estiércol se almacena tal como se excreta o con un agregado mínimo de agua para facilitar su manejo y se ubica en tanques o en estanques de tierra.	Con cobertura de costra natural	0,005	Factor de 2	Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC en combinación con Sommer <i>et al.</i> (2000).
		Sin cobertura de costra natural	0	No aplicable	Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC en combinación con los siguientes estudios: Harper <i>et al.</i> (2000), Lague <i>et al.</i> (2004), Monteny <i>et al.</i> (2001), y Wagner-Riddle y Marinier (2003). Se considera que las emisiones son insignificantes debido a la ausencia de formas oxidadas de nitrógeno que entren a los sistemas en combinación con un bajo potencial para la nitrificación y desnitrificación en el sistema.
Laguna anaeróbica no cubierta	Las lagunas anaeróbicas se diseñan y se operan para combinar estabilización de desechos con almacenamiento. Habitualmente, se utiliza el sobrenadante de la laguna para retirar el estiércol de las instalaciones de confinamiento relacionadas con ésta. Las lagunas anaeróbicas se diseñan para diversos períodos de almacenamiento (de hasta un año o más), según la región climática, la tasa de carga de sólidos volátiles y de otros factores operativos. El agua de la laguna puede reciclarse como agua para limpieza o usarse para irrigar y fertilizar campos.		0	No aplicable	Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC en combinación con los siguientes estudios: Harper <i>et al.</i> (2000), Lague <i>et al.</i> (2004), Monteny <i>et al.</i> (2001), y Wagner-Riddle y Marinier (2003). Se considera que las emisiones son insignificantes debido a la ausencia de formas oxidadas de nitrógeno que entren a los sistemas en combinación con un bajo potencial para la nitrificación y desnitrificación en el sistema.
Almacenamiento en pozos por debajo de lugares de confinamiento animal	Recogida y almacenamiento del estiércol, habitualmente con poco o ningún agregado de agua y comúnmente por debajo de un suelo emparrillado, en una instalación de confinamiento de animales.		0,002	Factor de 2	Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC en combinación con los siguientes estudios: Amon <i>et al.</i> (2001), Kulling (2003) y Sneath <i>et al.</i> (1997).

CUADRO 10.21 FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO PARA EMISIONES DIRECTAS DE N₂O DE LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL					
Sistema	Definición		EF ₃ [kg N ₂ O-N (kg nitrógeno excretado) ⁻¹]	Rangos de incertidumbre de EF ₃	Fuente ^a
Digestor anaeróbico	En general, los digestores anaeróbicos se diseñan y operan para la estabilización de los desechos mediante la reducción microbiana de compuestos orgánicos complejos de CH ₄ y CO ₂ , que se capturan y queman o se usan como combustible.		0	No aplicable	Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC en combinación con los siguientes estudios: Harper <i>et al.</i> (2000), Lague <i>et al.</i> (2004), Monteny <i>et al.</i> (2001), y Wagner-Riddle y Marinier (2003). Se considera que las emisiones son insignificantes debido a la ausencia de formas oxidadas de nitrógeno que entren a los sistemas en combinación con un bajo potencial para la nitrificación y desnitrificación en el sistema.
Quemado para combustible o como desecho	El estiércol se excreta en el campo. Las tortas de estiércol secas se queman como combustible.		Las emisiones relacionadas con la quema del estiércol se deben declarar bajo la categoría «Quema de combustible» del IPCC si el estiércol se emplea como combustible y bajo la categoría «Incineración de desechos» del IPCC si el estiércol se quema sin recuperación de energía.		
	N de la orina depositada en pasturas y praderas		Las emisiones directas e indirectas de N ₂ O relacionadas con la orina depositada en suelos agrícolas y en sistemas de pasturas, prados y praderas se tratan en el Capítulo 11, Sección 11.2, Emisiones de N ₂ O de suelos gestionados.		
Camas profundas para vacunos y porcinos	A medida que el estiércol se acumula, se agrega constantemente material de cama para absorber la humedad durante un ciclo de producción y, posiblemente, durante hasta 6 a 12 meses. A este sistema de gestión del estiércol se lo conoce también como sistema de gestión del estiércol de estabulado con cama y se puede combinar con engorde en corral o pastura.	Sin mezclado	0,01	Factor de 2	Valor promedio basado en Sommer y Moller (2000), Sommer (2000), Amon <i>et al.</i> (1998), y Nicks <i>et al.</i> (2003).
		Mezclado activo	0,07	Factor de 2	Valor promedio basado en Nicks <i>et al.</i> (2003) y Moller <i>et al.</i> (2000). Hay bibliografía en la que se citan valores más altos de hasta un 20% para sistemas bien mantenidos con mezclado activo, pero éstos incluyen tratamiento para amoníaco, lo que no es habitual.
Fabricación de abono orgánico (<i>compost</i>) – en tambor ^c	Fabricación de <i>compost</i> , habitualmente en un canal cerrado, con aireación forzada y mezclado permanente.		0,006	Factor de 2	Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC. Se supone que es similar al de las pilas estáticas.
Fabricación de abono orgánico (<i>compost</i>) – Pila estática ^c	Fabricación de <i>compost</i> en pilas con aireación forzada pero sin mezclado.		0,006	Factor de 2	Hao <i>et al.</i> (2001).
Fabricación de abono orgánico (<i>compost</i>) – intensivo en filas ^c	Fabricación de <i>compost</i> en filas con medias vueltas esporádicas para mezclado y aireación.		0,1	Factor de 2	Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC. Se espera que sea mayor que en las operaciones de filas pasivas y de compostaje intensivo, ya que las emisiones están en función de la frecuencia de las medias vueltas.
Fabricación de abono orgánico (<i>compost</i>) – pasivo en filas ^c	Fabricación de <i>compost</i> en filas con medias vueltas frecuentes para mezclado y aireación.		0,01	Factor de 2	Hao <i>et al.</i> (2001).
Estiércol de aves de corral con hojarasca	Similar a los sistemas de camas profundas. Comúnmente se emplea para lotes de aves de cría y para la producción de pollos para carne (parrilleros) y otras aves.		0,001	Factor de 2	Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC basado en la alta pérdida de amoníaco de estos sistemas, lo que limita la disponibilidad de nitrógeno para su nitrificación/desnitrificación.
Estiércol de aves de corral sin hojarasca	Puede ser similar a pozos abiertos en instalaciones cerradas de confinación de animales o puede diseñarse y operarse para secar el estiércol a medida que se acumula. Esto último se conoce como sistema elevado de gestión del estiércol y constituye una forma de fabricación pasiva de <i>compost</i> en filas cuando se lo diseña y opera correctamente.		0,001	Factor de 2	Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC basado en la alta pérdida de amoníaco de estos sistemas, lo que limita la disponibilidad de nitrógeno para su nitrificación/desnitrificación.

CUADRO 10.21
FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO PARA EMISIONES DIRECTAS DE N₂O DE LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

Sistema	Definición		EF ₃ [kg N ₂ O-N (kg nitrógeno excretado) ⁻¹]	Rangos de incertidumbre de EF ₃	Fuente ^a
Tratamiento aeróbico	La oxidación biológica del estiércol recolectado como líquido con aireación forzada o natural. La aireación natural se limita a estanques aeróbicos y de retención y a sistemas de humedales, debiéndose fundamentalmente a la fotosíntesis. Por ende, habitualmente, estos sistemas se tornan anóxicos durante período sin luz solar.	Sistemas de aireación natural	0,01	Factor de 2	Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC. La nitrificación-desnitrificación se emplea comúnmente para la remoción de nitrógeno en el tratamiento biológico de aguas servidas domésticas e industriales con emisiones insignificantes de N ₂ O. La limitada oxidación puede incrementar las emisiones en comparación con las de los sistemas de aireación.
		Sistemas de aireación forzada	0,005	Factor de 2	Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC. La nitrificación-desnitrificación se emplea comúnmente para la remoción de nitrógeno en el tratamiento biológico de aguas servidas domésticas e industriales con emisiones insignificantes de N ₂ O.

^aVéase también Dustan (2002), quien compiló información de algunas de las referencias originales citadas.

^bSe deberán emplear datos cuantitativos para distinguir si el sistema se caracteriza como de almacenamiento de sólidos o de líquidos/fango. El límite entre seco y líquido se puede fijar en un 20% del contenido de materia seca. ^b El compostaje es la oxidación biológica de un residuo sólido, incluyendo estiércol, habitualmente con cama u otra fuente de carbono orgánico, en general, a temperaturas termófilas producidas por la producción microbiana de calor.

10.5.4 Coordinación con la declaración para emisiones de N₂O de suelos gestionados

Después del almacenamiento o del tratamiento, en cualquier sistema de gestión del estiércol, casi todo el estiércol se aplica a la tierra. Las subsiguientes emisiones que se producen por la aplicación del estiércol al suelo deben declararse bajo la categoría *Emisiones de N₂O de suelos gestionados*. Los métodos para estimar estas emisiones se analizan en el Capítulo 11, Sección 11.2. Para estimar las emisiones de N₂O de los suelos gestionados, se considera la cantidad de nitrógeno del estiércol animal que se aplica directamente al suelo, o que se pone a disposición para su empleo como alimento o combustible, o para la construcción.

Una parte significativa del total de nitrógeno excretado por los animales en los sistemas gestionados (es decir, de todo el ganado a excepción de aquél en condiciones de pastura y pastoreo) se pierde antes de la aplicación final en suelos gestionados o de su uso como alimento o combustible, o para la construcción. A fin de estimar la cantidad de nitrógeno del estiércol animal que se aplica directamente a los suelos o que se pone a disposición para su uso como alimento o combustible, o para fines de construcción (es decir, el valor que se utiliza en el Capítulo 11, Ecuación 11.1 u 11.2), es necesario reducir la cantidad total de nitrógeno excretado por los animales en sistemas gestionados restándole las pérdidas de N producidas por volatilización (es decir, NH₃, N₂ y NO_x), conversión a N₂O y pérdidas por lixiviación y escurrimiento.

Donde se emplean formas orgánicas de material de cama (paja, aserrín, viruta, etc.), se deberá considerar también el nitrógeno adicional del material de la cama como parte del N del estiércol aplicado a los suelos. Comúnmente, la cama se recoge junto con el estiércol remanente y se aplica a los suelos. No obstante, es de hacer notar que, dado que la mineralización de los compuestos del nitrógeno de las camas se produce más lentamente que la del estiércol y que la concentración de la fracción de amoníaco en las camas orgánicas es insignificante, se supone que tanto las pérdidas por volatilización como las de lixiviación durante el almacenamiento de camas equivale a cero (European Environmental Agency, 2002).

CUADRO 10.22 VALORES POR DEFECTO PARA PÉRDIDA DE NITRÓGENO DEBIDA A VOLATILIZACIÓN DE NH₃ Y NO_x DE LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL		
Tipo de animales	Sistema de gestión del estiércol (MMS) ^a	Pérdida de N del MMS debido a la volatilización de N-NH₃ y N-NO_x (%) ^b Frac_{GasMS} (Rango de Frac_{GasMS})
Porcinos	Laguna anaeróbica	40% (25 – 75)
	Almacenamiento en pozos	25% (15 – 30)
	Cama profunda	40% (10 – 60)
	Líquido/fango	48% (15 – 60)
	Almacenaje de sólidos	45% (10 – 65)
Vacas lecheras	Laguna anaeróbica	35% (20 – 80)
	Líquido/Fango	40% (15 – 45)
	Almacenamiento en pozos	28% (10 – 40)
	Corral de engorde	20% (10 – 35)
	Almacenaje de sólidos	30% (10 – 40)
	Distribución diaria	7% (5 – 60)
Aves de corral	Aves de corral sin hojarasca	55% (40 – 70)
	Laguna anaeróbica	40% (25 – 75)
	Aves de corral con hojarasca	40% (10 – 60)
Otros vacunos	Corral de engorde	30% (20 – 50)
	Almacenaje de sólidos	45% (10 – 65)
	Cama profunda	30% (20 – 40)
Otros ^c	Cama profunda	25% (10 – 30)
	Almacenaje de sólidos	12% (5 – 20)
^a Aquí, el sistema de gestión del estiércol incluye las pérdidas asociadas de N en el ámbito de los animales y en el sistema de almacenamiento final. ^b Tasas de volatilización basadas en el Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC y en las siguientes fuentes: Rotz (2003), Hutchings <i>et al.</i> (2001), y U.S EPA (2004). ^c Otros incluye ovinos, equinos y pelíferos.		

La estimación del nitrógeno del estiércol gestionado disponible para aplicación en suelos gestionados, o para su empleo como alimento o combustible, o con fines de construcción, se basa en la siguiente ecuación:

ECUACIÓN 10.34 N DE ESTIÉRCOL GESTIONADO DISPONIBLE PARA APLICACIÓN EN SUELOS GESTIONADOS, COMO ALIMENTO, COMBUSTIBLE O EN LA CONSTRUCCIÓN $N_{MMS\_Avb} = \sum_S \left\{ \sum_{(T)} \left[\left(N_{(T)} \cdot Nex_{(T)} \cdot MS_{(T,S)} \right) \cdot \left(1 - \frac{Frac_{PérdidaMS}}{100} \right) \right] + \left[N_{(T)} \cdot MS_{(T,S)} \cdot N_{camaMS} \right] \right\}$

Donde:

N_{MMS_Avb} = cantidad de nitrógeno de estiércol gestionado disponible para su aplicación en suelos gestionados o para alimento, combustible o para la construcción, kg N año⁻¹

$N_{(T)}$ = cantidad de cabezas de ganado de la especie/categoría T del país

$Nex_{(T)}$ = promedio anual de excreción de N por animal de la especie/categoría T en el país, kg N animal⁻¹ año⁻¹

$MS_{(T,S)}$ = fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie/categoría de ganado T que se gestiona en el sistema de gestión del estiércol S en el país, sin dimensión

$Frac_{GasMS}$ = cantidad de nitrógeno del estiércol gestionado para la categoría de ganado T que se pierde en el sistema de gestión del estiércol S , % (véase el Cuadro 10.23)

N_{camaMS} = cantidad de nitrógeno de las camas (a aplicar para almacenamiento de sólidos y MMS de cama profunda si se utiliza una cama orgánica conocida), kg N animal⁻¹ año⁻¹

S = sistema de gestión del estiércol

T = especie/categoría de ganado

Los materiales usados como cama varían significativamente y los compiladores del inventario deben desarrollar valores para N_{camaMS} sobre la base de las características del material utilizado como cama en sus establecimientos ganaderos. La limitada información disponible en la bibliografía científica indica que, habitualmente, la cantidad de nitrógeno contenida en el material orgánico de las camas para vacas lecheras y vaquillonas es de alrededor de 7 kg N animal⁻¹ año⁻¹, para otros vacunos de 4 kg N animal⁻¹ año⁻¹, y para porcinos de mercado y de cría de alrededor de 0,8 and 5,5 kg N animal⁻¹ año⁻¹, respectivamente. En cuanto a sistemas de camas profundas, la cantidad de N en la hojarasca es de aproximadamente el doble de las cantidades indicadas (Webb, 2001; Döhler *et al.*, 2002).

En el Cuadro 10.23 se presentan los valores por defecto de las pérdidas totales de nitrógeno de los sistemas de gestión del estiércol. Estos valores por defecto incluyen las pérdidas que se producen desde el punto de excreción, incluyendo las de los ambientes en que se encuentran los animales, las del almacenamiento de estiércol y las producidas por lixiviación y escurrimiento en el sistema de almacenamiento de estiércol, donde corresponda. Por ejemplo, los valores provistos para sistemas de lagunas anaeróbicas para ganado lechero incluyen las pérdidas de nitrógeno que se producen en los establos y tambos antes de la recogida del estiércol, así como las que se producen desde la laguna.

Hay un alto nivel de variabilidad en el rango de las pérdidas totales de nitrógeno de los sistemas de estiércol gestionado. Como se indica en el Cuadro 10.23, la mayoría de las pérdidas se deben a la volatilización, fundamentalmente pérdidas de amoníaco que se producen justo después de la excreción del estiércol. Sin embargo, también se producen pérdidas en forma de NO₃, N₂O y N₂, así como por la lixiviación y el escurrimiento que tienen lugar cuando el estiércol se almacena en pilas. Los valores del Cuadro 10.23 reflejan los valores promedio para combinaciones típicas de ambientes/almacenamiento y para cada una de las categorías de animales. Se alienta a los países a desarrollar valores específicos del país, en particular en lo relacionado con las pérdidas de amoníaco donde las emisiones de componentes pueden estar bien caracterizadas en cuanto a las prácticas locales como parte de evaluaciones más generales de la calidad del aire y donde las emisiones pueden verse afectadas por estrategias de reducción de nitrógeno.

Puede que los países quieran desarrollar un método alternativo para darle mayor consideración a las circunstancias nacionales y reducir la incertidumbre de las estimaciones lo máximo posible. Este método implicaría una caracterización más detallada del flujo de nitrógeno a través de los componentes de los ambientes en que se encuentran los animales y de los sistemas de gestión de desechos que se aplican en el país, considerándose la actividad de mitigación (p. ej., el uso de cubiertas sobre cisternas) y las prácticas locales, como el tipo de material utilizado en las camas.

10.5.5 Evaluación de incertidumbre

FACTORES DE EMISIÓN – TASAS DE EXCRECIÓN DE NITRÓGENO

Los rangos de incertidumbre de las tasas de excreción de N por defecto se estiman en $\pm 50\%$ (Fuente: Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC). Los rangos de incertidumbre de los valores de retención de N por defecto que se suministran aquí son también $\pm 50\%$ (véase el Cuadro 10.20). Si los organismos a cargo del inventario derivan las tasas de excreción de N empleando estadísticas exactas del país sobre ingesta y retención de N, las incertidumbres relacionadas con las tasas de excreción de N se pueden reducir sustancialmente. El grado de incertidumbre puede reducirse aun más empleando mediciones directas de emisiones de las pérdidas de nitrógeno de cada uno de los sistemas de gestión del estiércol.

FACTORES DE EMISIÓN – EMISIONES DIRECTAS DE N₂O

Hay importantes incertidumbres relacionadas con los factores de emisión por defecto para esta categoría de fuente (-50% a +100%). Las mediciones de emisiones exactas y bien diseñadas de tipos de estiércol y de sistemas de gestión de estiércol bien caracterizados pueden servir de ayuda para reducir estas incertidumbres. En estas mediciones deben tenerse en cuenta la temperatura, las condiciones de humedad, la aireación, el contenido de N del estiércol, el carbono metabolizable, la duración del almacenamiento y otros aspectos del tratamiento.

CUADRO 10.23 VALORES POR DEFECTO DEL TOTAL DE PÉRDIDA DE NITRÓGENO PRODUCIDA POR LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL		
Categoría animal	Sistema de gestión del estiércol ^a	Total de pérdida de N del MMS ^b Frac_{PérdidaMS} (Rango de Frac_{PérdidaMS})
Porcinos	Laguna anaeróbica	78% (55 – 99)
	Almacenamiento en pozos	25% (15 – 30)
	Cama profunda	50% (10 – 60)
	Líquido/Fango	48% (15 – 60)
	Almacenaje de sólidos	50% (20 – 70)
Vacas lecheras	Laguna anaeróbica	77% (55 – 99)
	Líquido/Fango	40% (15 – 45)
	Almacenamiento en pozos	28% (10 – 40)
	Corral de engorde	30% (10 – 35)
	Almacenaje de sólidos	40% (10 – 65)
	Distribución diaria	22% (15 – 60)
Aves de corral	Aves de corral sin hojarasca	55% (40 – 70)
	Laguna anaeróbica	77% (50 – 99)
	Aves de corral con hojarasca	50% (20 – 80)
Otros vacunos	Corral de engorde	40% (20 – 50)
	Almacenaje de sólidos	50% (20 – 70)
	Cama profunda	40% (10 – 50)
Otros ^c	Cama profunda	35% (15 – 40)
	Almacenaje de sólidos	15% (5 – 20)
^a Aquí, el sistema de gestión del estiércol incluye las pérdidas asociadas de N en el ambiente de los animales y en el sistema de almacenamiento final. ^b Tasas de pérdida total de N basadas en el Dictamen del Grupo de Expertos del IPCC y en las siguientes fuentes: Rotz (2003), Hutchings <i>et al.</i> (2001), y U.S EPA (2004). Las tasas incluyen las pérdidas en forma de NH ₃ , NO _x , N ₂ O y N ₂ , así como las producidas por lixiviación y escurrimiento del almacenamiento sólido y de los corrales de engorde. Los valores representan tasas promedio para ambientes típicos y componentes de almacenamiento sin aplicación de medidas significativas de control del N. Los rangos reflejan los valores que aparecen en la bibliografía. Donde se aplican medidas para controlar las pérdidas de nitrógeno, deben desarrollarse tasas alternativas que reflejen tales medidas. ^c Otros incluye ovinos, equinos y pelíferos.		

FACTORES DE EMISIÓN - EMISIONES INDIRECTAS DE N₂O

Los rangos de incertidumbre de las pérdidas de N por defecto debidas a la volatilización de NH₃ y NO_x y las pérdidas totales de N de los sistemas de gestión del estiércol se presentan en los Cuadros 10.22 y 10.23, respectivamente. La incertidumbre relacionada con el factor de emisión por defecto para volatilización del nitrógeno y re-deposición (EF₄) se presenta en el Cuadro 11.3 del Capítulo 11. El rango de incertidumbre para el factor de emisión por defecto por lixiviación y escurrimiento (EF₅) también está incluido en el Cuadro 11.3. Se debe tener cuidado al desarrollar factores de emisión específicos del país en cuanto a volatilización y re-deposición de nitrógeno, puesto que las mediciones directas podrían incluir el transporte atmosférico transfronterizo.

DATOS DE LA ACTIVIDAD – POBLACIONES GANADERAS

Véase la Sección 10.2 Población ganadera y caracterización alimentaria de los alimentos en cuanto al análisis de la incertidumbre en los datos de la población y la caracterización alimentaria de los animales.

DATOS DE LA ACTIVIDAD – USO DE SISTEMAS DE GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

La incertidumbre de los datos sobre el uso de sistemas de gestión del estiércol depende de las características de la industria ganadera de cada país y de cómo se recabe la información respecto a la gestión del estiércol. Por ejemplo, para países en los que se confía casi exclusivamente en un único tipo de sistema de gestión, como corrales de engorde, la incertidumbre relacionada con los datos sobre el uso de sistemas de gestión puede ser del 10% o menos. Sin embargo, en países con una gran variedad de sistemas de gestión utilizados con diferentes prácticas operativas locales, el rango de incertidumbre en los datos sobre el uso de sistemas de gestión puede ser mucho más alto, entre el 25 y el

50%, según la disponibilidad de datos fiables y representativos en los que se diferencie las poblaciones animales según el sistema en uso. Preferiblemente, cada país debe estimar la incertidumbre asociada con sus datos sobre el uso de sistemas de gestión empleando los métodos descritos en el Volumen 1, Capítulo 3.

10.5.6 Exhaustividad, series temporales, garantía de calidad/control de calidad y generación de informes

En un inventario completo, deben estimarse las emisiones de N_2O de todos los sistemas de gestión del estiércol en todas las especies/categorías de ganado. Se alienta a los países a que empleen definiciones de sistemas de gestión del estiércol que sean coherentes con las presentadas en el Cuadro 10.18. Se debe realizar una verificación cruzada de los datos de la población entre los principales mecanismos de declaración (como las bases de datos de la FAO y de las estadísticas nacionales agrícolas) a fin de garantizar que la información utilizada en el inventario sea completa y coherente. Dada la difundida disponibilidad de la base de datos de la FAO con información ganadera, la mayoría de los países deben poder preparar, como mínimo, estimaciones de Nivel 1 respecto a las principales categorías de ganado. Para más información respecto a la exhaustividad en la caracterización del ganado, véase la Sección 10.2.

El desarrollo de una serie temporal coherente de estimaciones de emisiones para esta categoría de fuente requiere, como mínimo, recabar una serie temporal internamente coherente de estadísticas de la población ganadera. Se puede encontrar orientación general sobre el desarrollo de una serie temporal coherente en el Volumen 1, Capítulo 5 de este informe. En la mayoría de los países, los otros dos conjuntos de datos de la actividad requeridos para esta categoría de fuente (es decir, las tasas de excreción de N y los datos sobre el uso de sistemas de gestión del estiércol), así como los factores de emisión de la gestión del estiércol, se mantienen constantes durante toda la serie temporal. Sin embargo, en algunos casos, puede haber razones para modificar estos valores a través del tiempo. Por ejemplo, los productores pueden modificar sus prácticas de alimentación del ganado, lo que podría modificar las tasas de excreción de nitrógeno. Un sistema dado de gestión del estiércol puede cambiar debido a prácticas operativas o a nuevas tecnologías de manera que pueda resultar necesario un factor de emisión revisado. Estos cambios en las prácticas pueden deberse a la aplicación de medidas explícitas de mitigación de gases de efecto invernadero o a modificaciones en las prácticas del agro que no tengan relación alguna con los gases de efecto invernadero. Independientemente de lo que provoque cambios, los parámetros y los factores de conversión que se utilicen para estimar las emisiones deben reflejar los cambios. En el texto del inventario debe explicarse minuciosamente la forma en la que los cambios en las prácticas rurales o la aplicación de medidas de mitigación han afectado la serie temporal de los datos de la actividad o los factores de emisión.

Es una *buena práctica* realizar verificaciones generales de control de calidad, tal como se plantea en el Volumen 1, Capítulo 6, Garantía de calidad / Control de calidad y verificación, y revisiones a cargo de expertos de las estimaciones de emisión. También pueden ser de aplicación verificaciones de control de calidad y procedimientos de garantía de calidad adicionales, en especial si, para determinar las emisiones de esta fuente, se utilizan métodos de nivel superior. La GC y el CC en general relacionados con el procesamiento de datos, su manejo y la declaración debe complementarse con los procedimientos que se analizan a continuación:

Verificación de los datos de la actividad

- El organismo a cargo del inventario debe revisar los métodos usados para recabar datos sobre el ganado y, en particular, verificar que los datos de las subespecies ganaderas se hayan recabado y agregado correctamente, teniendo en cuenta la duración de los ciclos de producción. Se debe efectuar una verificación cruzada de los datos con los de los años anteriores para garantizar que son razonables y coherentes con la tendencia esperada. Las agencias a cargo del inventario deben documentar los métodos de obtención de datos, identificar las potenciales áreas de sesgo, y evaluar la representatividad de los datos.
- Se debe revisar regularmente la asignación de sistemas de gestión del estiércol para determinar si se están teniendo en cuenta los cambios producidos en la industria ganadera. La conversión de un tipo de sistema de gestión en otro, y las modificaciones técnicas de la configuración y el comportamiento del sistema deben tenerse en cuenta en la modelización del sistema para el ganado que corresponda.
- La política y la reglamentación nacional del agro pueden repercutir sobre los parámetros que se emplean para calcular las emisiones de estiércol y se las debe revisar con regularidad para determinar qué impacto pueden tener. Por ejemplo, las directrices para reducir el escurrimiento de estiércol a masas de agua puede provocar un cambio en las prácticas de gestión y, en consecuencia, afectar la distribución del N para una categoría de ganado en particular. Se debe mantener la coherencia entre el inventario y los cambios que se vayan produciendo en las prácticas del agro.
- Si se emplean datos específicos del país para $N_{ex(T)}$ y $MS_{(T,S)}$, el organismo a cargo del inventario debe comparar estos valores con los valores por defecto del IPCC. Se deben documentar las diferencias significativas, las fuentes de datos y los métodos empleados para derivar los datos.

- Las tasas de excreción de nitrógeno, sean en valores por defecto o específicos del país, deben ser coherentes con los datos sobre ingesta alimentaria según lo determinado mediante análisis bromatológicos.

Revisión de los factores de emisión

- El organismo a cargo del inventario debe evaluar en qué medida se pueden comparar los factores de emisión de N_2O implícitos y las tasas de excreción de nitrógeno con alternativas fuentes de datos nacionales y con datos de otros países con prácticas ganaderas similares. Se deben investigar las diferencias significativas.
- Si se utilizan factores de emisión específicos del país, el organismo a cargo del inventario debe compararlos con los factores por defecto y señalar las diferencias. Se debe explicar y documentar cómo se realizó el desarrollo de los factores de emisión específicos del país, y los resultados deben someterse a una revisión por parte de expertos independientes.
- Siempre que resulte posible, los datos de mediciones de que se disponga, aunque representen sólo una pequeña muestra de los sistemas, deben revisarse con respecto a las hipótesis en cuanto a estimaciones de emisión de N_2O . Los datos de mediciones representativas pueden proporcionar conocimientos sobre el grado de exactitud con que las hipótesis actuales predicen la producción de N_2O de los sistemas de gestión del estiércol en la zona del inventario, y sobre cómo ciertos factores (p. ej., la ingesta alimentaria, la configuración del sistema, el tiempo de retención) están afectando las emisiones. Dada la relativa poca cantidad de información de mediciones disponible respecto a estos sistemas a nivel mundial, todo nuevo resultado puede mejorar la comprensión de estas emisiones y, posiblemente, su predicción.

Revisión externa

- El organismo a cargo del inventario debe utilizar expertos en gestión de estiércol y nutrición animal para llevar a cabo revisiones a cargo de pares expertos de los métodos y datos utilizados. Aunque estos expertos pueden no estar familiarizados con las emisiones de gases de efecto invernadero, su conocimiento de los principales parámetros de entrada para los cálculos de las emisiones pueden ayudar a la verificación general de las emisiones. Por ejemplo, los bromatólogos pueden evaluar las tasas de producción de N para confirmar si son coherentes con lo investigado respecto a utilización de alimentos para ciertas especies de ganado. Los productores del agro pueden proporcionar sus conocimientos sobre las verdaderas técnicas de gestión del estiércol, como períodos de almacenamiento y uso de sistemas mixtos. Siempre que resulte posible, estos expertos deben ser totalmente independientes del proceso del inventario a fin de permitir una revisión verdaderamente externa.

Es una *buena práctica* documentar y archivar toda la información requerida para producir las estimaciones del inventario de emisiones nacionales, como se plantea en el Volumen 1, Capítulo 6 (Garantía de calidad / Control de calidad y verificación). Cuando se han utilizado factores de emisión específicos del país, fracciones de pérdidas de N, tasas de excreción de N o datos sobre el uso de sistemas de gestión del estiércol, la derivación o las referencias de estos datos deberán documentarse y declararse claramente junto con los resultados del inventario bajo la categoría de fuente del IPCC que corresponda.

Se deben declarar las emisiones de N_2O de distintos tipos de sistemas de gestión del estiércol según las categorías indicadas en el Cuadro 10.18. Bajo el título Gestión del estiércol, deben declararse las emisiones de N_2O de todos los tipos de sistemas de gestión del estiércol, con dos excepciones:

- Emisiones del sistema de gestión del estiércol para *pastura, prado y pradera*, que deben declararse bajo la categoría fuente del IPCC *Emisiones de N_2O de suelos gestionados*, ya que el ganado deposita este estiércol directamente sobre el suelo.
- Las emisiones relacionadas con el sistema de gestión del estiércol que se *quema para* combustible deben declararse bajo la categoría *Quema de combustible* del IPCC si el estiércol se emplea como combustible y bajo la categoría *Incineración de desechos* del IPCC si el estiércol se quema sin recuperación de energía. No obstante, es de hacer notar que, si el nitrógeno de la orina no se recoge para su quemado, también debe declararse bajo emisiones de N_2O de animales en *pasturas, prados y praderas*.

10.5.7 El uso de las hojas de trabajo

Úsense las hojas de trabajo para N_2O del ganado incluidas en el Anexo 1 (Hojas de trabajo de AFOLU) para calcular y declarar la información del inventario sobre metodologías por defecto descrita en la Sección 10.5 *Emisión de N_2O de la gestión del estiércol*. A continuación, un resumen de las instrucciones a seguir paso a paso para completar las hojas de trabajo. Nótese que las columnas se refieren al uso del símbolos de las variables que aparecen tanto en las ecuaciones como en los encabezados de las columnas de las hojas de trabajo.

Paso 1: cálculo de la excreción de N de los sistemas de gestión del estiércol (véase la hoja de trabajo de la categoría *Gestión de desechos: Emisiones directas de N_2O de la gestión del estiércol, código de categoría 3A2, Hoja 1 de 1*). Hacer copias extra de la hoja de trabajo y completar una por cada uno de los sistemas de gestión del estiércol (MMS).

Paso 1A: recabar los datos de la población de la categorización de la población ganadera e ingresar los valores correspondientes en la columna $N_{(T)}$;

Paso 1B: Emplear los valores por defecto de $N_{\text{índice}}$ y TAM (Ecuación 10.30 y utilizar datos del Cuadro 10.19 y de los Cuadros 10A-4 a 10A-9) o desarrollar la tasa promedio anual de excreción de nitrógeno por cabeza ($N_{\text{ex}(T)}$) para cada especie/categoría de ganado definida T e ingresar estos valores en las columnas $N_{\text{índice}}$ y TAM, o $N_{\text{ex}(T)}$, respectivamente;

Paso 1C: ingresar en la columna $MS_{(T,S)}$ los valores por defecto (véanse los Cuadros 10A-4 a 10A-8 del Anexo 10A.2) o determinar la fracción de la excreción total anual de nitrógeno para cada especie/categoría ganadera T que se gestiona en cada sistema de gestión del estiércol S ($MS_{(T,S)}$);

Paso 1D: multiplicar la cantidad de cabezas (columna $N_{(T)}$) por el valor de la tasa de excreción de N por cabeza ($N_{\text{ex}(T)}$) para cada especie/categoría ganadera T (columna $N_{\text{ex}(T)}$) y por la fracción de nitrógeno del estiércol por MMS (columna $MS_{(T,S)}$) para estimar la excreción total de nitrógeno para cada MMS en kilos por año (columna NE_{MMS}). Ingresar los resultados en la columna NE_{MMS} de esta hoja y en la columna NE_{MMS} de las Hojas 1 de 2 y 2 de 2 de las hojas de trabajo bajo la categoría .

Paso 2: Cálculo de las emisiones directas de N_2O de los sistemas de gestión del estiércol (véase la hoja de trabajo de la categoría *Gestión de desechos*):

Paso 2A: Usar valores por defecto (Cuadro 10.21) o desarrollar factores de emisión directa de N_2O para cada sistema de gestión del estiércol S ($EF_{3(S)}$); e ingresar el factor de emisión correspondiente en la columna $EF_{3(S)}$;

Paso 2B: para cada tipo de sistema de gestión del estiércol S , multiplicar su factor de emisión (columna $EF_{3(S)}$) por la cantidad de nitrógeno gestionado (columna NE_{MMS}) en ese sistema, para estimar las emisiones directas de N_2O por MMS. Nótese que las estimaciones de emisiones deben declararse en kg de N_2O . Ingresar los resultados en la columna $N_2O_{D(\text{mm})}$ de esta hoja.

Paso 3: el cálculo de las emisiones indirectas de N_2O de los sistemas de gestión del estiércol (véase la hoja de trabajo de la categoría). Hacer copias extra de la hoja de trabajo, empleando una para cada MMS).

Paso 3A: ingresar en la columna $\text{Frac}_{\text{GasMS}}$ los valores por defecto (véase el Cuadro 10.22) o determinar la fracción específica del país de nitrógeno del estiércol ganadero que se volatiliza como NH_3 y NO_x para cada especie/categoría de ganado definida T por cada MMS ($\text{Frac}_{\text{GasMS}}$);

Paso 3B: multiplicar la fracción de nitrógeno del estiércol que se volatiliza como NH_3 y NO_x (columna $\text{Frac}_{\text{GasMS}}$) por la cantidad total de nitrógeno excretado en cada MMS por categorías de ganado (columna NE_{MMS}) para estimar la cantidad de nitrógeno del estiércol que se pierde debido a la volatilización de NH_3 y NO_x ($N_{\text{volatilización-MMS}}$);

Paso 3C: usar valores por defecto (véase el Cuadro 11.3, Capítulo 11, Sección 11.2 *Emisiones de N_2O de suelos gestionados*) o desarrollar factores de emisión específicos del país para emisión indirecta de N_2O de la deposición atmosférica de nitrógeno en suelos y en la superficie del agua, e ingresar el factor de emisión en la columna EF_4 .

Paso 3D: multiplicar la cantidad de nitrógeno del estiércol que se pierde debido a la volatilización de NH_3 y NO_x (columna $N_{\text{volatilización-MMS}}$) por el factor de emisión (columna EF_4), para calcular las emisiones indirectas anuales de N_2O por MMS. Nótese que las estimaciones de emisiones deben declararse en kg de N_2O . Ingresar los resultados en la columna $N_2O_{G(\text{mm})}$ de esta hoja.

Paso 4: cálculo del N del estiércol que está disponible para su aplicación a suelos o para uso con propósitos alimentarios, de combustible o de construcción de los sistemas de gestión del estiércol (véase la hoja de trabajo de la categoría). Hacer copias extra de la hoja de trabajo, empleando una para cada MMS.

Paso 4A: ingresar en la columna $\text{Frac}_{\text{pérdidaMS}}$ los valores por defecto (véase el Cuadro 10.23) o desarrollar la fracción específica del país de pérdida total de nitrógeno del estiércol gestionado en cada MMS para cada especie/categoría de ganado definida T ($\text{Frac}_{\text{pérdidaMS}}$);

Paso 4B: si se dispone de valores específicos del país respecto al uso de camas orgánicas para MMS de almacenamiento sólido o cama profunda, calcular la cantidad de N de las camas multiplicando la cantidad de animales relacionadas con estos dos sistemas por el contenido de N de la cama por animal. Ingresar los resultados obtenidos en la columna N_{camaMS} .

Paso 4C: calcular el N del estiércol gestionado disponible para su aplicación en suelos gestionados, alimentación, combustible o construcción empleando la Ecuación 10.34 e ingresar los resultados obtenidos en la columna $N_{\text{MMS\_Avb}}$. Entonces, se suman todos los sistemas de gestión del estiércol. Este valor se utiliza para el cálculo de las emisiones de N_2O procedentes de suelos gestionados (véanse las hojas de trabajo en el Anexo 1).

Anexo 10A.1 Los datos que subyacen a los factores de emisión de metano por defecto en cuanto a fermentación entérica

En este anexo se presentan los datos utilizados para desarrollar los factores de emisión por defecto de las emisiones de metano por fermentación entérica. El método de Nivel 2 se aplicó con estos datos para estimar los factores de emisión por defecto para vacunos y búfalos.

CUADRO 10A.1
DATOS PARA ESTIMAR LOS FACTORES DE EMISIÓN DE NIVEL 1 DE CH₄ POR FERMENTACIÓN ENTÉRICA PARA VACAS LECHERAS DEL CUADRO 10.11

Regiones	Peso, kg	Aumento de peso, kg día ⁻¹	Situación alimentaria	Leche, kg día ⁻¹	Trabajo, hs día ⁻¹	% Preñadas	Digestibilidad de alimentos (DE%)	Factor conversión de CH ₄ (Y _m)
América del Norte ^a	600	0	Engorde en establo	23,0	0	90%	75%	6,5%
Europa Occidental	600	0	Engorde en establo	16,4	0	90%	70%	6,5%
Europa Oriental ^b	550	0	Engorde en establo	7,0	0	80%	60%	6,5%
Oceanía ^c	500	0	Pastura/Prado	6,0	0	80%	60%	6,5%
América Latina ^d	400	0	Pastura/Prado	2,2	0	80%	60%	6,5%
Asia ^e	350	0	Engorde en establo	4,5	0	80%	60%	6,5%
África y Oriente Medio	275	0	Engorde en establo	1,3	0	67%	60%	6,5%
Subcontinente indio ^f	275	0	Engorde en establo	2,5	0	50%	55%	6,5%

^a Sobre la base de estimaciones para los Estados Unidos.

^b Sobre la base de estimaciones para la ex URSS.

^c Sobre la base de estimación de promedio para la región.

^d Sobre la base de estimaciones para Brasil.

^e Sobre la base de estimaciones para China.

^f Sobre la base de estimaciones para India.

Fuente: Gibbs y Johnson (1993).

CUADRO 10A.2
DATOS PARA ESTIMAR LOS FACTORES DE EMISIÓN DE CH₄ POR FERMENTACIÓN ENTÉRICA DE NIVEL 1 PARA OTROS VACUNOS DEL CUADRO 10.11

Subcategoría	Peso, kg	Aumento de peso, kg día ⁻¹	Situación alimentaria	Leche, kg día ⁻¹	Trabajo, hs día ⁻¹	% Preñadas	Digestibilidad de alimentos (DE%)	Factor conversión de CH ₄ (Y _m)	Mezcla de población ponderada por día %	Factores de emisión (kg CH ₄ cabeza ⁻¹ año ⁻¹)
América del Norte^a										
Hembras maduras	500	0,0	Pastura/Prado	3,3	0,0	80%	60%	6,5%	36%	76
Machos maduros	800	0,0	Pastura/Prado	0,0	0,0	0%	60%	6,5%	2%	81
Terneros en lactancia	100	0,9	Pastura/Prado	0,0	0,0	0%	ND	0,0%	16%	0
Terneros a forraje	185	0,9	Pastura/Prado	0,0	0,0	0%	65%	6,5%	8%	48
Vaquillonas/novillos en crecimiento	265	0,7	Pastura/Prado	0,0	0,0	0%	65%	6,5%	17%	55
De reemplazo/en crecimiento	375	0,4	Pastura/Prado	0,0	0,0	0%	60%	6,5%	11%	66
Ganado de engorde en corral	415	1,3	Engorde en establo	0,0	0,0	0%	75%	3,0%	11%	33
Europa Occidental										
Machos maduros	600	0,0	Pastura/Prado	0,0	0,0	0%	60%	6,5%	22%	66
De reemplazo/en crecimiento	400	0,4	Pastura/Prado	0,0	0,0	0%	60%	6,5%	54%	73
Terneros en lactancia	230	0,3	Pastura/Prado	0,0	0,0	0%	65%	0,0%	15%	0
Terneros a forraje	230	0,3	Pastura/Prado	0,0	0,0	0%	65%	6,5%	8%	35
Europa Oriental^b										
Hembras maduras	500	0,0	Pastura/Prado	3,3	0,0	67%	60%	6,5%	30%	75
Machos maduros	600	0,0	Pastura/Prado	0,0	0,0	0%	60%	6,5%	22%	66
Jóvenes	230	0,4	Pastura/Prado	0,0	0,0	0%	60%	6,5%	48%	45
Oceanía^c										
Hembras maduras	400	0,0	Pastura/Prado	2,4	0,0	67%	55%	6,5 %	51%	71
Machos maduros	450	0,0	Pastura/Prado	0,0	0,0	0%	55%	6,5%	11%	61
Jóvenes	200	0,3	Pastura/Prado	0,0	0,0	0%	55%	6,5%	38%	46

^a Sobre la base de estimaciones para los Estados Unidos; ^b Sobre la base de estimaciones para la ex URSS; ^c Sobre la base de estimación de promedio para la región.

CUADRO 10A.2 (CONTINUACIÓN) DATOS PARA ESTIMAR LOS FACTORES DE EMISIÓN DE CH₄ POR FERMENTACIÓN ENTERICA DE NIVEL 1 PARA OTROS VACUNOS DEL CUADRO 10.11										
Subcategoría	Peso, kg	Aumento de peso, kg día ⁻¹	Situación alimentaria	Leche, kg día ⁻¹	Trabajo, hs día ⁻¹	% Preñadas	Digestibilidad de alimentos (DE%)	Factor conversión de CH ₄ (Y _m)	Mezcla de población ponderada por día %	Factores de emisión (kg CH ₄ cabeza ⁻¹ año ⁻¹)
América Latina^d										
Hembras maduras	400	0,0	Grandes superficies	1,1	0,0	67%	60%	6,5%	37%	64
Machos maduros	450	0,0	Grandes superficies	0,0	0,0	0%	60%	6,5%	6%	61
Jóvenes	230	0,3	Grandes superficies	0,0	0,0	0%	60%	6,5%	58%	49
Asia^e										
Hembras maduras - Cría	325	0,0	Engorde en establo	1,1	0,55	33%	55%	6,5%	27%	50
Hembras maduras - Pastoreo	300	0,0	Pastura/Prado	1,1	0,00	50%	60%	6,5%	9%	46
Machos maduros - Cría	450	0,0	Engorde en establo	0,0	1,37	0%	55%	6,5%	24%	59
Machos maduros - Pastoreo	400	0,0	Pastura/Prado	0,0	0,00	0%	60%	6,5%	8%	48
Jóvenes	200	0,2	Pastura/Prado	0,0	0,00	0%	60%	6,5%	32%	36
África										
Hembras maduras	200	0,0	Engorde en establo	0,3	0,55	33%	55%	6,5%	13%	32
Bueyes de tiro	275	0,0	Engorde en establo	0,0	1,37	0%	55%	6,5%	13%	41
Hembras maduras - Pastoreo	200	0,0	Grandes superficies	0,3	0,00	33%	55%	6,5%	6%	41
Toros - Pastoreo	275	0,0	Grandes superficies	0,0	0,00	0%	55%	6,5%	25%	49
Jóvenes	75	0,1	Pastura/Prado	0,0	0,00	0%	60%	6,5%	44%	16
Subcontinente indio^f										
Hembras maduras	125	0,0	Engorde en establo	0,6	0,00	33%	50%	6,5%	40%	28
Machos maduros	200	0,0	Engorde en establo	0,0	2,74	0%	50%	6,5%	10%	42
Jóvenes	80	0,1	Engorde en establo	0,0	0,00	0%	50%	6,5%	50%	23
^d Sobre la base de estimaciones para Brasil; ^e Sobre la base de estimaciones para China; ^f Sobre la base de estimaciones para India. Fuente: Gibbs y Johnson (1993).										

CUADRO 10A.3
DATOS PARA ESTIMAR LOS FACTORES DE EMISIÓN DE CH₄ POR FERMENTACIÓN ENTÉRICA PARA BÚFALOS

Subcategoría	Peso, kg	Aumento de peso, kg día ⁻¹	Situación alimentaria	Leche, kg día ⁻¹	Trabajo , hs día ⁻¹	% Preñadas	Digestibilidad ad de alimentos (DE%)	Factor conversión de CH ₄ (Y _m)	Mezcla de población ponderada por día %	Factores de emisión, kg CH ₄ cabeza ⁻¹ año ⁻¹
Subcontinente indio^a										
Cuadro 10A.3 Datos para estimar los factores de emisión de CH ₄ por fermentación	350 - 550	0,00	Engorde en establo	0,00	1,37	0%	55%	6,5%	14%	55 - 77
Hembras adultas	250 - 450	0,00	Engorde en establo	2,70	0,55	33%	55%	6,5%	40%	57 - 80
Jóvenes	100 - 300	0,15	Engorde en establo	0,00	0,00	0%	55%	6,5%	46%	23 - 50
Otros países^b										
Cuadro 10A.3 Datos para estimar los	350 - 550	0,00	Engorde en establo	0,00	1,37	0%	55%	6,5%	45%	55 - 77
Hembras adultas	250 - 450	0,00	Engorde en establo	0,00	0,55	25%	55%	6,5%	45%	45 - 67
Jóvenes	100 - 300	0,15	Engorde en establo	0,15	0,00	0%	55%	6,5%	10%	23 - 50
^a Sobre la base de estimaciones para India. ^b Sobre la base de estimaciones para China. Fuente: Gibbs y Johnson (1993).										

Anexo 10A.2 Los datos que subyacen a los factores de emisión de metano de gestión del estiércol

En este anexo se presentan los datos utilizados para desarrollar los factores de emisión por defecto de las emisiones de metano por gestión del estiércol. El método de Nivel 2 se aplicó con estos datos para estimar los factores de emisión por defecto para cada una de las categorías de ganado.

Cuadro 10A-5											
Derivación de factores de emisión de metano por gestión del estiércol para otros vacunos											
Temperatura promedio anual (°C)		MCF del sistema de gestión del estiércol									
		Líquido/ Laguna ¹	Fango ¹	Almac. sólidos	Corral engorde	Pastura/ prado/ pradera	Distrib. diaria	Digestor	Quemado p/combust	Otros	
Frio	10	66%	17%	2,0%	1,0%	1,0%	0,1%	10,0%	10,0%	1,0%	
	11	68%	19%	2,0%	1,0%	1,0%	0,1%	10,0%	10,0%	1,0%	
	12	70%	20%	2,0%	1,0%	1,0%	0,1%	10,0%	10,0%	1,0%	
	13	71%	22%	2,0%	1,0%	1,0%	0,1%	10,0%	10,0%	1,0%	
	14	73%	25%	2,0%	1,0%	1,0%	0,1%	10,0%	10,0%	1,0%	
Templado	15	74%	27%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
	16	75%	29%	4,0%	1,5%	1,5%	0%	10,0%	10,0%	1,0%	
	17	76%	32%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
	18	77%	35%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
	19	77%	39%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
	20	78%	42%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
	21	78%	46%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
	22	78%	50%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
	23	79%	55%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
	24	79%	60%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
	25	79%	65%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
Cálido	26	79%	71%	5,0%	2,0%	2,0%	1,0%	10,0%	10,0%	1,0%	
	27	80%	78%	5,0%	2,0%	2,0%	1,0%	10,0%	10,0%	1,0%	
	28	80%	80%	5,0%	2,0%	2,0%	1,0%	10,0%	10,0%	1,0%	
Región	Características de los otros vacunos			U.ilización del sistema de gestión del estiércol (MS%)							
	Masá	B ^b	VS ^c								
	kg	m ³ CH ₄ /kg VS	kg/hd/día								
América del Norte ⁴	389	0,19	2,4	0,0%	0,2%	0,0%	18,4%	81,5%	0,0%	0,0%	0,0%
Europa Occidental	420	0,18	2,6	0,0%	25,2%	39,0%	0,0%	32,0%	1,8%	0,0%	2,0%
Europa Oriental	391	0,17	2,7	0,0%	22,5%	44,0%	0,0%	20,0%	0,0%	0,0%	13,5%
Oceanía	330	0,17	3,0	0,0%	0,0%	0,0%	9,0%	91,0%	0,0%	0,0%	0,0%
América Latina	305	0,1	2,5	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	99,0%	0,0%	0,0%	1,0%
África	173	0,1	1,5	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	95,0%	1,0%	0,0%	0,0%
Oriente Medio	173	0,1	1,5	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	79,0%	2,0%	0,0%	17,0%
Asia	319	0,1	2,3	0,0%	0,0%	0,0%	46,0%	50,0%	2,0%	0,0%	0,0%
Subcontinente Indio	110	0,1	1,4	0,0%	1,0%	0,0%	4,0%	22,0%	20,0%	1,0%	53,0%

Factores de emisión																						
kg CH ₄ por cabeza por año																						
Frio					Templado															Cálido		
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28				
1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
6	7	7	8	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20	21	24	25	26				
6	6	7	7	8	9	10	11	11	12	13	14	15	16	18	19	21	23	23				
1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	

Cuadro 10A-6											
Derivación de factores de emisión de metano por gestión del estiércol para búfalos											
Temperatura promedio anual (°C)		MCF del sistema de gestión del estiércol									
		Líquido/ Laguna ¹	Almac. Fango ¹	Corral sólidos	Corral engorde	Pastura/ prado/ pradera	Distrib. Diaria	Digestor	Quemado p/combust	Otros	
Frio	10	66%	17%	2,0%	1,0%	1,0%	0,1%	10,0%	10,0%	1,0%	
	11	68%	19%	2,0%	1,0%	1,0%	0,1%	10,0%	10,0%	1,0%	
	12	70%	20%	2,0%	1,0%	1,0%	0,1%	10,0%	10,0%	1,0%	
	13	71%	22%	2,0%	1,0%	1,0%	0,1%	10,0%	10,0%	1,0%	
	14	73%	25%	2,0%	1,0%	1,0%	0,1%	10,0%	10,0%	1,0%	
Templado	15	74%	27%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
	16	75%	29%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
	17	76%	32%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
	18	77%	35%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
	19	77%	39%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
	20	78%	42%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
	21	78%	46%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
	22	78%	50%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
	23	79%	55%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
	24	79%	60%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
	25	79%	65%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%	
Cálido	26	79%	71%	5,0%	2,0%	2,0%	1,0%	10,0%	10,0%	1,0%	
	27	80%	78%	5,0%	2,0%	2,0%	1,0%	10,0%	10,0%	1,0%	
	28	80%	80%	5,0%	2,0%	2,0%	1,0%	10,0%	10,0%	1,0%	
Región	Características de los búfalos			Utilización del sistema de gestión del estiércol (MS%)							
	Masa ^a kg	B ₀ m ³ CH ₄ /kg VS	VS ^b kg/hd/día								
North America		(no corresponde)		(no corresponde)							
Western Europe	380	0,1	3,9	0%	20%	0%	79%	0%	0%	0%	0%
Eastern Europe	380	0,1	3,9	0%	24%	0%	0%	29%	0%	0%	47%
Oceania		(no corresponde)		(no corresponde)							
Latin America	380	0,1	3,9	0%	0%	0%	0%	99%	0%	0%	1%
Africa		(no corresponde)		(no corresponde)							
Middle East	380	0,1	3,9	0%	0%	0%	0%	20%	19%	0%	42%
Asia	380	0,1	3,9	0%	0%	0%	41%	50%	4%	0%	5%
Indian Subcontinent	295	0,1	3,1	0%	0%	0%	4%	19%	21%	1%	55%

Factores de emisión																															
kg CH ₄ por cabeza por año																															
Frio														Templado										Cálido							
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28													
No corresponde																															
4	4	5	5	5	6	7	7	8	9	9	10	11	12	13	14	15	16	17													
5	5	5	6	6	7	8	8	9	10	11	11	12	13	15	16	17	19	19													
No corresponde																															
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2												
No corresponde																															
4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5				
1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2				
4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5				

Cuadro 10A-7											
Derivación de factores de emisión de metano por gestión del estiércol para porcinos de carne											
Temperatura promedio anual (°C)		MCF del sistema de gestión del estiércol									
		Líquido/ Laguna ¹	Almac. Fango ¹	Sólidos	Corral engorde	Pozo <1 mes	Pozo >1 mes	Distrib. Diaria	Digestor	Otros	
Frio	10	66%	17%	2,0%	1,0%	3,0%	17%	0,1%	10,0%	1,0%	
	11	68%	19%	2,0%	1,0%	3,0%	19%	0,1%	10,0%	1,0%	
	12	70%	20%	2,0%	1,0%	3,0%	20%	0,1%	10,0%	1,0%	
	13	71%	22%	2,0%	1,0%	3,0%	22%	0,1%	10,0%	1,0%	
	14	73%	25%	2,0%	1,0%	3,0%	25%	0,1%	10,0%	1,0%	
Templado	15	74%	27%	4,0%	1,5%	3,0%	27%	0,5%	10,0%	1,0%	
	16	75%	29%	4,0%	1,5%	3,0%	29%	0,5%	10,0%	1,0%	
	17	76%	32%	4,0%	1,5%	3,0%	32%	0,5%	10,0%	1,0%	
	18	77%	35%	4,0%	1,5%	3,0%	35%	0,5%	10,0%	1,0%	
	19	77%	39%	4,0%	1,5%	3,0%	39%	0,5%	10,0%	1,0%	
	20	78%	42%	4,0%	1,5%	3,0%	42%	0,5%	10,0%	1,0%	
	21	78%	46%	4,0%	1,5%	3,0%	46%	0,5%	10,0%	1,0%	
	22	78%	50%	4,0%	1,5%	3,0%	50%	0,5%	10,0%	1,0%	
	23	79%	55%	4,0%	1,5%	3,0%	55%	0,5%	10,0%	1,0%	
	24	79%	60%	4,0%	1,5%	3,0%	60%	0,5%	10,0%	1,0%	
	25	79%	65%	4,0%	1,5%	3,0%	65%	0,5%	10,0%	1,0%	
Cálido	26	79%	71%	5,0%	2,0%	30,0%	71%	1,0%	10,0%	1,0%	
	27	80%	78%	5,0%	2,0%	30,0%	78%	1,0%	10,0%	1,0%	
	28	80%	80%	5,0%	2,0%	30,0%	80%	1,0%	10,0%	1,0%	
Región	Características de los porcinos de carne			Utilización del sistema de gestión del estiércol (MS%)							
	Masa ^a kg	B _o ^b m ³ CH ₄ /kg VS	VS ^c kg/hd/día								
América del Norte	46	0,48	0,27	32,8%	18,5%	4,2%	4,0%	0,0%	40,6%	0,0%	0,0%
Europa Occidental	50	0,45	0,3	8,7%	0,0%	13,7%	0,0%	2,8%	69,8%	2,0%	3,0%
Europa Oriental	50	0,45	0,3	3,0%	0,0%	42,0%	0,0%	24,7%	24,7%	0,0%	5,7%
Oceania	45	0,45	0,28	54,0%	0,0%	3,0%	15,0%	0,0%	0,0%	0,0%	28,0%
América Latina	28	0,29	0,3	0,0%	8,0%	10,0%	41,0%	0,0%	0,0%	2,0%	40,0%
África	28	0,29	0,3	0,0%	6,0%	6,0%	87,0%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Oriente Medio	28	0,29	0,3	0,0%	14,0%	0,0%	69,0%	0,0%	17,0%	0,0%	0,0%
Asia	28	0,29	0,3	0,0%	40,0%	0,0%	54,0%	0,0%	0,0%	7,0%	0,0%
Subcontinente Indio	28	0,29	0,3	9,0%	22,0%	16,0%	30,0%	3,0%	0,0%	9,0%	3,0%

Factores de emisión																											
kg CH ₄ por cabeza por año																											
Frio							Templado														Cálido						
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28									
10	11	11	12	12	13	13	14	15	15	16	17	18	18	19	20	22	23	23									
6	6	7	7	8	9	9	10	11	11	12	13	14	15	16	18	19	21	21									
3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	10	10	10									
11	11	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13									
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2									
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2									
1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	5	5	6									
2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	6	6	7									
2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	6	6	6									

Cuadro 10A-8											
Derivación de factores de emisión de metano por gestión del estiércol para porcinos de cría											
Temperatura anual promedio (°C)		MCF del sistema de gestión del estiércol									
		Líquido/ Laguna ¹	Fango ¹	Almac. sólidos	Corral engorde	Pozo <1 mes	Pozo >1 mes	Distrib. diaria	Digestor	Otros	
Frio	10	66%	17%	2,0%	1,0%	3,0%	17%	0,1%	10,0%	1,0%	
	11	68%	19%	2,0%	1,0%	3,0%	19%	0,1%	10,0%	1,0%	
	12	70%	20%	2,0%	1,0%	3,0%	20%	0,1%	10,0%	1,0%	
	13	71%	22%	2,0%	1,0%	3,0%	22%	0,1%	10,0%	1,0%	
	14	73%	25%	2,0%	1,0%	3,0%	25%	0,1%	10,0%	1,0%	
Templado	15	74%	27%	4,0%	1,5%	3,0%	27%	0,5%	10,0%	1,0%	
	16	75%	29%	4,0%	1,5%	3,0%	29%	0,5%	10,0%	1,0%	
	17	76%	32%	4,0%	1,5%	3,0%	32%	0,5%	10,0%	1,0%	
	18	77%	35%	4,0%	1,5%	3,0%	35%	0,5%	10,0%	1,0%	
	19	77%	39%	4,0%	1,5%	3,0%	39%	0,5%	10,0%	1,0%	
	20	78%	42%	4,0%	1,5%	3,0%	42%	0,5%	10,0%	1,0%	
	21	78%	46%	4,0%	1,5%	3,0%	46%	0,5%	10,0%	1,0%	
	22	78%	50%	4,0%	1,5%	3,0%	50%	0,5%	10,0%	1,0%	
	23	79%	55%	4,0%	1,5%	3,0%	55%	0,5%	10,0%	1,0%	
	24	79%	60%	4,0%	1,5%	3,0%	60%	0,5%	10,0%	1,0%	
	25	79%	65%	4,0%	1,5%	3,0%	65%	0,5%	10,0%	1,0%	
Cálido	26	79%	71%	5,0%	2,0%	30,0%	71%	1,0%	10,0%	1,0%	
	27	80%	78%	5,0%	2,0%	30,0%	78%	1,0%	10,0%	1,0%	
	28	80%	80%	5,0%	2,0%	30,0%	80%	1,0%	10,0%	1,0%	
Región	Características de los porcinos de cría			Utilización del sistema de gestión del estiércol (MS%)							
	Masa ^a kg	B _o ^b m ³ CH ₄ /kg VS	VS ^c kg/hd/día								
América del Norte	198	0,48	0,5	32,8%	18,5%	4,2%	4,0%	0,0%	40,6%	0,0%	0,0%
Europe Occidental	198	0,45	0,46	8,7%	0,0%	13,7%	0,0%	2,8%	69,8%	2,0%	0,0%
Europa Oriental	180	0,45	0,5	3,0%	0,0%	42,0%	0,0%	24,7%	0,0%	0,0%	5,7%
Oceania	180	0,45	0,5	54,0%	0,0%	3,0%	15,0%	0,9%	0,0%	0,0%	28,0%
América Latina	28	0,29	0,3	0,0%	8,0%	10,0%	41,0%	0,0%	0,0%	2,0%	40,0%
África	28	0,29	0,3	0,0%	6,0%	6,0%	87,0%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Oriente Medio	28	0,29	0,3	0,0%	14,0%	0,0%	69,0%	0,0%	17,0%	0,0%	0,0%
Asia	28	0,29	0,3	0,0%	40,0%	0,0%	54,0%	0,0%	0,0%	7,0%	0,0%
Subcontinente Indio	28	0,29	0,3	9,0%	22,0%	16,0%	30,0%	3,0%	0,0%	9,0%	8,0%

Factores de emisión																											
kg CH ₄ por cabeza por año																											
Frio					Templado															Cálido							
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28									
19	20	21	22	23	24	26	27	28	29	31	32	34	35	37	39	41	44	45									
9	10	10	11	12	13	14	15	16	17	19	20	22	23	25	27	29	32	33									
4	5	5	5	5	6	7	7	7	8	8	9	9	10	11	12	16	17	17									
20	20	21	21	22	22	23	23	23	23	23	24	24	24	24	24	24	24	24									
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2									
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1									
1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6									
2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	6	6	7									
2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	6	6	6									

Derivación de factores de emisión de metano por gestión del estiércol																			
Animal	Ovinos		Goats		Caballos		Equinos		Mulassos		Aves de corral								
Países	desarr.	en desarr.	desarr.	en desarr.	desarr.	en desarr.	desarr.	en desarr.	desarr.	en desarr.	desarr.	en desarr.	desarr.						en desarr.
													Poned (seco)	Poned (húmedo)	Parrilleros	Pavos	Patos		
Características de los animales	Masa (kg)	48,5	28	38,5	30	217	217	377	238	130	130	1,8	1,8	0,9	6,8	2,7	NR	NR	
	Digest (%)	0,60	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	
	Ingesta/d (kg Alim.)	1,08	0,7	0,76	0,76	5,42	5,42	5,96	5,96	3,25	3,25	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	
	% Ceniza (Base seco)	8,00	8	8	8	8	8	4	4	4	4	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	
	VS/día (kg VS)	0,40	0,32	0,35	0,35	2,49	2,49	2,13	1,72	0,94	0,94	0,02	0,02	0,01	0,07	0,02	0,02	0,02	
	B ₀ (m3/kg VS)	0,19	0,13	0,18	0,13	0,26	0,21	0,3	0,26	0,33	0,26	0,39	0,39	0,36	0,36	0,36	0,36	0,24	
MCF del sistema de gestión del estiércol																			
Temperatura promedio anual (°C)	Frio	10	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,5%	65%	1,5%	1,5%	1,0%	1,0%	1,0%	
		11	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,5%	68%	1,5%	1,5%	1,0%	1,0%	1,0%	
		12	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,5%	70%	1,5%	1,5%	1,0%	1,0%	1,0%	
		13	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,5%	73%	1,5%	1,5%	1,0%	1,0%	1,0%	
		14	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,5%	74%	1,5%	1,5%	1,0%	1,0%	1,0%	
	Templado	15	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	75%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	
		16	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	76%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	
		17	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	76%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	
		18	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	77%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	
		19	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	78%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	
		20	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	78%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	
		21	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	78%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	
		22	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	78%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	
		23	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	79%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	
		24	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	79%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	
		25	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	80%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	
	Frio	26	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	1,5%	80%	1,5%	1,5%	2,0%	2,0%	
		27	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	1,5%	80%	1,5%	1,5%	2,0%	2,0%	
		28	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	1,5%	80%	1,5%	1,5%	2,0%	2,0%	
Factores de emisión (kg CH ₄ por cabeza por año)																			
Temperatura promedio anual (°C)	Frio	10	0,19	0,10	0,13	0,11	1,58	1,28	1,56	1,09	0,76	0,60	0,03	1,13	0,02	0,09	0,02	0,01	
		11	0,19	0,10	0,13	0,11	1,58	1,28	1,56	1,09	0,76	0,60	0,03	1,18	0,02	0,09	0,02	0,01	
		12	0,19	0,10	0,13	0,11	1,58	1,28	1,56	1,09	0,76	0,60	0,03	1,21	0,02	0,09	0,02	0,01	
		13	0,19	0,10	0,13	0,11	1,58	1,28	1,56	1,09	0,76	0,60	0,03	1,26	0,02	0,09	0,02	0,01	
		14	0,19	0,10	0,13	0,11	1,58	1,28	1,56	1,09	0,76	0,60	0,03	1,28	0,02	0,09	0,02	0,01	
	Templado	15	0,28	0,15	0,20	0,17	2,37	1,92	2,34	1,64	1,14	0,90	0,03	1,30	0,02	0,09	0,03	0,02	
		16	0,28	0,15	0,20	0,17	2,37	1,92	2,34	1,64	1,14	0,90	0,03	1,31	0,02	0,09	0,03	0,02	
		17	0,28	0,15	0,20	0,17	2,37	1,92	2,34	1,64	1,14	0,90	0,03	1,32	0,02	0,09	0,03	0,02	
		18	0,28	0,15	0,20	0,17	2,37	1,92	2,34	1,64	1,14	0,90	0,03	1,33	0,02	0,09	0,03	0,02	
		19	0,28	0,15	0,20	0,17	2,37	1,92	2,34	1,64	1,14	0,90	0,03	1,35	0,02	0,09	0,03	0,02	
		20	0,28	0,15	0,20	0,17	2,37	1,92	2,34	1,64	1,14	0,90	0,03	1,35	0,02	0,09	0,03	0,02	
		21	0,28	0,15	0,20	0,17	2,37	1,92	2,34	1,64	1,14	0,90	0,03	1,36	0,02	0,09	0,03	0,02	
		22	0,28	0,15	0,20	0,17	2,37	1,92	2,34	1,64	1,14	0,90	0,03	1,36	0,02	0,09	0,03	0,02	
		23	0,28	0,15	0,20	0,17	2,37	1,92	2,4	1,64	1,14	0,90	0,03	1,37	0,02	0,09	0,03	0,02	
		24	0,28	0,15	0,20	0,17	2,37	1,92	2,34	1,64	1,14	0,90	0,03	1,38	0,02	0,09	0,03	0,02	
		25	0,28	0,15	0,20	0,17	2,37	1,92	2,34	1,64	1,14	0,90	0,03	1,38	0,02	0,09	0,03	0,02	
	Cálido	26	0,37	0,20	0,26	0,22	3,17	2,56	3,13	2,19	1,52	1,20	0,03	1,38	0,02	0,09	0,03	0,02	
		27	0,37	0,20	0,26	0,22	3,17	2,56	3,13	2,19	1,52	1,20	0,03	1,39	0,02	0,09	0,03	0,02	
		28	0,37	0,20	0,26	0,22	3,17	2,56	3,13	2,19	1,52	1,20	0,03	1,39	0,02	0,09	0,03	0,02	

CUADRO 10A-9 (CONTINUACIÓN)
DERIVACIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN DE METANO POR GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL PARA OTROS ANIMALES

Animal	Características del animal			Sistema de gestión del estiércol (SGF)	Factores de emisión (kg CH ₄ -cabeza ⁻¹ animal ⁻¹)
	Masa (kg)	SV (kg SV día ⁻¹)	Bo (m ³ kg SV)		
Cérvidos ^a	NR	NR	NR	NR	0,22
Renos ^b	NR	0,39	0,19	2,0 %	0,36
Conejos ^c	1,60	0,10	0,32	1,0 %	0,08
Pelíferos ^b	NR	0,14	0,25	8,0 %	0,68
Avestruces ^b	NR	1,16	0,25	8,0 %	5,67

a Sneath (1997) citado en el inventario de GES del Reino Unido.

b Estimaciones tomadas de la Universidad Agrícola de Noruega, Instituto de Química y Biotecnología, Departamento de Microbiología.

c Datos obtenidos a partir del inventario de GES italiano, 2004.

NR = no incluidos en los informes

Referencias

SECCIÓN 10.2 POBLACIÓN GANADERA Y CARACTERIZACIÓN DE LOS ALIMENTOS

- AAC (Australian Agricultural Council) (1990). Feed Standards for Australian Livestock Ruminants. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) Publications, East Melbourne, Victoria, Australia.
- AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients (1990). Nutritive Requirements of Ruminant Animals: Energy. Rep. 5, CAB International, Wallingford, U.K.
- Agricultural and Food Research Council (AFRC) Technical Committee on Responses to Nutrients (1993). Energy and Protein Requirements of Ruminants. 24-159, CAB International, Wallingford, U.K.
- Bamualim, A. and Kartiarso (1985). 'Nutrition of draught animals with special reference to Indonesia.' In: Draught Animal Power for Production. J.W. Copland (ed.). Australian Centre for International agricultural Research (ACIAR), Proceedings Series No. 10. ACIAR, Canberra, A.C.T., Australia.
- Food and Agriculture Organisation (FAO) (1999). Statistical Database.
- Gibbs, M.J. and Johnson, D.E. (1993). "Livestock Emissions." In: International Methane Emissions, US Environmental Protection Agency, Climate Change Division, Washington, D.C., U.S.A.
- Gibbs, M.J., Conneely, D., Johnson, D., Lassey, K.R. and Ulyatt, M.J. (2002). CH₄ emissions from enteric fermentation. In: Background Papers: IPCC Expert Meetings on Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, p 297–320. IPCC-NGGIP, Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Kanagawa, Japan.
- Ibrahim, M.N.M. (1985). 'Nutritional status of draught animals in Sri Lanka.' In: Draught Animal Power for Production, J.W. Copland (ed.). ACIAR (Australian Centre for International Agricultural Research) Proceedings Series No. 10. ACIAR, Canberra, A.C.T., Australia.
- Jurgen, M.H. (1988). Animal Feeding and Nutrition, Sixth Edition, Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa, U.S.A.
- Lawrence, P.R. (1985). 'A review of nutrient requirements of draught oxen.' In: Draught Animal Power for Production. J.W. Copland (ed.). ACIAR (Australian Centre for International Agricultural Research) Proceedings Series No. 10. ACIAR, Canberra, A.C.T., Australia.
- National Research Council (NRC) (1984). Nutrient Requirements of Beef Cattle, National Academy Press, Washington, D.C. U.S.A.
- NRC (1989). Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 6th, National Academy Press, Washington, D.C. U.S.A.
- NRC (1996). Nutrient Requirements of Beef Cattle, National Academy Press, Washington, D.C. U.S.A.
- NRC (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7th Ed., Nat. Acad. Press, Washington, DC.

SECCIÓN 10.3 EMISIONES DE METANO DE LA FERMENTACION ENTÉRICA DOMÉSTICA

- Clark, H., Brookes, I. and Walcroft, A. (2003). Enteric methane emissions from New Zealand ruminants 1999-2001 calculated using an IPCC Tier 2 approach. <http://www.climatechange.govt.nz/resources/reports/nir-apr03/>.
- Crutzen, P.J., Aselmann, I. and Seiler, W. (1986). "Methane Production by Domestic Animals, Wild Ruminants, Other Herbivorous Fauna, and Humans," *Tellus* **38B**:271-284.
- Diarra, B. (1994). Net energy value of soybean hulls as feed for sheep. Dissertation. Colorado State University, Ft Collins, CO.
- Donovan, K. and Baldwin, L. (1999). Results of the AAMOLLY model runs for the Enteric Fermentation Model. University of California, Davis.
- Hindrichsen, I., Kreuzer, M., Machmuller, A., Knudsen, K. E., Madsen, J. and Wettstein, H.R. (2003). Methane release and energy expenditure of dairy cows fed concentrates characterized by different carbohydrates. In: Prog. in Res. En. & Prot. Metabol. (Souffrant, W.B, and CC. Metges, eds.) Wageningen Acad. Pub, The Netherlands, EAAP Publ. 109:413-416.
- Johnson, K., Huyler, M., Westberg, H., Lamb, B. and Zimmerman, P. (1994). Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a SF₆ tracer technique. *Environmental. Sci. Tech.*, **28**: 359-362.

- Johnson, K.A. and Johnson, D.E. (1995). Methane emissions from cattle. *J. Anim. Sci.*, **73**: 2483-2492
- Judd, M.J., Kelliher, F.M., Ulyatt, M.J., Lassey, K.R., Tate, K.R., Shelton, I.D., Harvey, M.J. and Walker, C.F. (1999). Net methane emissions from grazing sheep, *Global Change Biol.*, **5**, pp. 647-657.
- Kujawa, M. (1994). Energy partitioning in steers fed cottonseed hulls or sugar beet pulp. Dissertation, Colorado State University, Ft Collins, CO.
- Kurihara, M., Magner, T., Hunter, R.A. and McCrabb, G.J. (1999). Methane production and energy partition of cattle in the tropics. *British Journal of Nutrition*, **81**, pp. 227-234.
- Lassey, K.R. (2006). Livestock methane emission: from the individual grazing animal through national inventories to the global methane cycle. *Agric. For. Meteorol.* (in press).
- Lassey, K.R., Ulyatt, M.J., Martin, R.J., Walker, C.F. and Shelton, I.D. (1997). Methane emissions measured directly from grazing livestock in New Zealand, *Atmos. Environ.*, **31**, pp. 2905-2914.
- Leuning, R., Baker, S.K., Jamie, I.M., Hsu, C.H., Klein, L., Denmead, O.T. and Griffith, D.W.T. (1999). Methane emission from free-ranging sheep: a comparison of two measurement methods, *Atmos. Environ.*, **33**, pp. 1357-1365.
- Murray, B.R., Bryant, A.M. and Leng, R.A. (1978). Methane production in the rumen and lower gut of sheep given lucerne chaff: effect of level of intake, *Br. J. Nutr.*, **39**, pp. 337-345.
- National Research Council (NRC) (1989). Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 6th Ed., Nat. Acad. Press, Washington, DC.
- National Research Council (NRC) (1996). Nutrient Requirements of Beef Cattle, 7th Edit., Nat. Acad. Press, Washington, DC.
- National Research Council (NRC) (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7th Ed., Nat. Acad. Press, Washington, DC.
- Pinares-Patino, C.S., Ulyatt, M.J., Waghorn, G.C., Lassey, K.R., Barry, T.N., Holmes, C.W. and Johnson, D.E. (2003). Methane emission by alpaca and sheep fed on Lucerne hay or grazed on pastures of perennial ryegrass/white clover or birds foot trefoil. *J. Agric. Sci.* **140**:215-226.
- Ulyatt, M.J., Lassey, K.R., Shelton, I.D. and Walker, C.F. (2002a). "Seasonal variation in methane emission from dairy cows and breeding ewes grazing ryegrass/white clover pasture in New Zealand." *New Zealand Journal of Agricultural Research* **45**:217-226.
- Ulyatt, M.J., Lassey, K.R., Shelton, I.D. and Walker, C.F. (2002b). "Methane emission from dairy cows and wether sheep fed subtropical grass-dominant pastures in midsummer in New Zealand." *New Zealand Journal of Agricultural Research* **45**:227-234.
- Ulyatt, M.J., Lassey, K.R., Shelton, I.D. and Walker, C.F. (2005). Methane emission from sheep grazing four pastures in late summer in New Zealand. *New Zealand Journal Agricultural Research* **48**: 385-390.

SECCIÓN 10.4 EMISIONES DE METANO POR LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

- Amon, B., Amon, Th., Boxberger, J. and Pollinger, A. (1998). Emissions of NH₃, N₂O, and CH₄ from composted and anaerobically stored farmyard manure. Pages 209-216 in Martinez J, Maudet M-N (eds) Ramiran 98, Proc. 8th Int. Conf. on the FAO SCORENA Network on Recycling of Agricultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture. Rennes, France.
- Amon, B., Amon, Th., Boxberger, J. and Alt, Ch. (2001). Emissions of NH₃, N₂O, and CH₄ from dairy cows housed in a farmyard manure tying stall (Housing, Manure Storage, Manure Spreading). *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **60**: pp. 103-113.
- ASAE (1999). ASAE Standards 1999, 46th Edition. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI.
- Hashimoto, A. and Steed, J. (1993). Methane emissions from typical U.S. livestock manure management systems. Draft report prepared for ICF Incorporated under contract to the Global Change Division of the Office of Air and Radiation, US Environmental Protection Agency, Washington, D.C.
- Hill, D.T. (1982). Design of digestion systems for maximum methane production. Transactions of the ASAE, **25**(1): pp. 226-230.
- Hill, D.T. (1984). Methane productivity of the major animal types. Transactions of the ASAE **27**(2): pp. 530-540.

- IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories. Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Tréanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. Callander B.A. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA, Paris, France.
- Mangino, J., Bartram, D. and Brazy, A. (2001). Development of a methane conversion factor to estimate emissions from animal waste lagoons. Presented at U.S. EPA's 17th Annual Emission Inventory Conference, Atlanta GA, April 16-18, 2002.
- Moller, H.B., Sommer, S.G. and Ahring, B. (2004). Biological degradation and greenhouse gas emissions during pre-storage of liquid animal manure. *Journal of Environmental Quality*, **33**: pp. 27-36.
- Peterson, K. and Jacobs, H. (2003). 1990-2002 Volatile solids and Nitrogen excretion rates deliverable under EPA Contract No. GS-10F-0124J, Task Order 004-02. Memorandum to EPA from ICF Consulting. August 28, 2003.
- Safley, L.M., Casada, M.E., Woodbury, J.W. and Roos, K.F. (1992). Global Methane Emissions from Livestock and Poultry Manure. US Environmental Protection Agency, Global Change Division, Washington, D.C., February 1992, EPA/400/1091/048.
- Sneath, R.W., Phillips, V.R., Demmers, G.M., Burgess, L.R. and Short, J.L. (1997). Long Term Measurements of Greenhouse Gas Emissions from UK Livestock Buildings. Bio-Engineering Division, Silsoe Research Institute, Wrest Park, Silsoe, Bedford, MK45 4HS. Livestock Environment: Proceedings of the Fifth International Symposium. Bloomington MN. May 29-31, 1997.
- Moller, H.B., Sommer, S.G. and Ahring, B. (2000). Greenhouse gas emissions from stored livestock slurry. *Journal of Environmental Quality*, **29**: pp. 744-751.
- Hashimoto, A. and Steed, J. (1994). Methane emissions from typical U.S. livestock manure management systems. *Bioresource Technology* **50**: pp. 123-130.
- USDA (1996). Agricultural Waste Management Field Handbook, National Engineering Handbook (NEH). Part 651, U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. July.
- Woodbury, J.W. and Hashimoto, A. (1993). Methane Emissions from Livestock Manure. In International Methane Emissions, US Environmental Protection Agency, Climate Change Division, Washington, D.C., U.S.A.
- Zeeman, G. (1994). Methane production/emission in storages for animal manure. *Fertilizer Research* **37**: 207-211, 1994. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.

SECCIÓN 10.5 EMISIONES DE ÓXIDO NITROSO POR LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

- Amon, B., Amon, Th., Boxberger, J. and Pollinger, A. (1998). Emissions of NH₃, N₂O, and CH₄ from composted and anaerobically stored farmyard manure. Pages 209-216 in Martinez J, Maudet M-N (eds) Ramiran 98, Proc. 8th Int. Conf. on the FAO SCORENA Network on Recycling of Agricultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture. Rennes, France.
- Amon, B., Amon, Th., Boxberger, J. and Alt, Ch. (2001). Emissions of NH₃, N₂O, and CH₄ from dairy cows housed in a farmyard manure tying stall (Housing, Manure Storage, Manure Spreading). *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **60**: pp. 103-113.
- Asman, W.A.H., Sutton, M.A. and Schjoerring, J.K. (1998). Ammonia: emission, atmospheric transport and deposition. *New Phytol.*, **139**, p. 27-48
- Bierman, S., Erickson, G.E., Klopfenstein, T.J., Stock, R.A. and Shain, D.H. (1999). Evaluation of nitrogen and organic matter balance in the feedlot as affected by level and source of dietary fiber. *J. Anim. Sci.* **77**:1645-1653.
- Döhler, H., Eurich-Menden, B., Dämmgen, U., Osterburg, B., Lüttich, M., Bergschmidt, A., Berg, W., Brunsch, R. (2002). BMVEL/UBA-Ammoniak-Emissionsinventar der deutschen Landwirtschaft und Minderungszenarien bis zum Jahre 2010. Texte 05/02. Umweltbundesamt, Berlin.
- Dustan, A. (2002). Review of methane and nitrous oxide emission factors in cold climates. Institutet for jordbruks-och miljöteknik, JTI-rapport, Lantbruk & Industri, 299.
- Eghball, B. and Power, J.F. (1994). Beef cattle feedlot manure management. *J. Soil Water Cons.* **49**:113-122.
- European Environmental Agency (2002). Joint EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook, 3rd ed., July 2002, Copenhagen.

- Groot Koerkamp, P.W.G., Speelman, L. and Metz, J.H.M. (1998). Effect of type of aviary, manure and litter handling on the emission kinetics of ammonia from layer houses. *Br. Poult. Sci.*, **39**, p. 379-392.
- Hao, X., Chang, C., Larney, F.J. and Travis, G.R. (2001). Greenhouse gas emissions during cattle feedlot manure composting. *Journal Environmental Quality* **30**: pp. 376-386.
- Harper, L.A., Sharpe, R.R. and Parkin, T.B. (2000). Gaseous emissions from anaerobic swine lagoons: Ammonia, Nitrous Oxide, and Dinitrogen Gas. *Journal of Environmental Quality* **29**: pp. 1356-1365.
- Hutchings, N.J., Sommer, S.G., Andersen, J.M. and Asman, W.A.H. (2001). A detailed ammonia emission inventory for Denmark. *Atmospheric Environment*, **35**, p. 1959-1968.
- Külling, D.R., Menzi, H., Sutter, F., Lischer, P. and Kreuzer, M. (2003). Ammonia, nitrous oxide and methane emissions from differently stored dairy manure derived from grass- and hay-based rations. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **65**: pp. 13-22.
- Lague, C., Fonstad, T. A., Marquis, A., Lemay, S.P., Godbout, S. and Joncas, R. (2004). Greenhouse Gas Emissions from Swine Operations in Québec and Saskatchewan: Benchmark Assessments. Climate Change Funding Initiative in Agriculture (CCFIA), Canadian Agricultural Research Council, Ottawa, ON.
- Nusser, S.M. and Goebel, J.J. (2000). Ammonia Volatilization from Dairy and Poultry Manure. In: Managing Nutrients and Pathogens from Animal Agriculture. Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service, Ithaca, NY. March 28-30, 2000. NRAES-130, p.334-354.
- Moller, H.B., Sommer, S.G. and Anderson, B.H. (2000). Nitrogen mass balance in deep litter during the pig fattening cycle and during composting. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge **137**:235-250.
- Monteny G. J., Groesetein C. M. and Hilhorst M. A. (2001). Interactions and coupling between emissions of methane and nitrous oxide from animal husbandry. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **60**: pp. 123-132.
- Monteny, G.J. and Erisman, J.W. (1998). Ammonia emissions from dairy cow buildings: A review of measurement techniques, influencing factors and possibilities for reduction. *Neth. J. Agric. Sci.*, **46**, p. 225-247.
- Moreira, V.R. and Satter, L.D. (2004). Estimating nitrogen loss from dairy farms. *Pedology*.
- National Research Council (NRC) (1996). Nutrient Requirements of Beef Cattle, 7th Revised Ed., Nat. Acad. Press, Washington., DC
- Nicks, B., Laitat, M., Vandenheede, M., Desiron, A., Verhaege, C. and Canart, B. (2003). Emissions of Ammonia, Nitrous Oxide, Methane, Carbon Dioxide, and Water Vapor in the Raising of Weaned Pigs on Straw-Based and Sawdust-Based Deep Litters. *Animal Research Journal*, **52**: pp. 299-308.
- Rotz, C.A. (2004). Management to reduce nitrogen losses in animal production. *J. Anim. Sci.* **82**(E. Suppl.):E119-E137.
- Sneath, R.W., Phillips, V.R., Demmers, G.M., Burgess, L.R. and Short, J.L. (1997). Long Term Measurements of Greenhouse Gas Emissions from UK Livestock Buildings. Bio-Engineering Division, Silsoe Research Institute, Wrest Park, Silsoe, Bedford, MK45 4HS. Livestock Environment: Proceedings of the Fifth International Symposium. Bloomington MN. May 29-31, 1997.
- Sommer, S.G. and Moller, H.B. (2000). Emission of greenhouse gases during composting of deep litter from pig production – effect of straw content. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge **134**:327-335.
- Moller, H.B., Sommer, S.G. and Ahring, B. (2000). Greenhouse gas emissions from stored livestock slurry. *Journal of Environmental Quality* **29**: pp. 744-751.
- US EPA (2004). National Emission Inventory – Ammonia Emissions from Animal Husbandry Operations, Draft Report. January 30, 2004.
- Wagner-Riddle, C. and Marinier, M. (2003). Improved Greenhouse Gas Emission Estimates from Manure Storage Systems. Prepared for Climate Change Funding Initiative in Agriculture, Final Project Report, Component 2-3 Projects, Climate Change Science and Technology.
- Webb, J. (2001). Estimating the potential for ammonia emissions from livestock excreta and manures. *Environ. Pollut.* **111**, p. 395-406.

CAPÍTULO 11

EMISIONES DE N₂O DE LOS SUELOS GESTIONADOS Y EMISIONES DE CO₂ DERIVADAS DE LA APLICACIÓN DE CAL Y UREA

Autores

Cecile De Klein (Nueva Zelanda), Rafael S.A. Novoa (Chile), Stephen Ogle (Estados Unidos), Keith A. Smith (Reino Unido), Philippe Rochette (Canadá) y Thomas C. Wirth (Estados Unidos)

Brian G. McConkey (Canadá), Arvin Mosier (Estados Unidos) y Kristin Rypdal (Noruega)

Autores colaboradores

Stephen A. Williams (Estados Unidos) y Margaret Walsh (Estados Unidos)

Índice

11	Emisiones de N ₂ O de los suelos gestionados y emisiones de CO ₂ derivadas de la aplicación de cal y urea	
11.1	Introducción	11.5
11.2	Emisiones de N ₂ O de suelos gestionados.....	11.5
11.2.1	Emisiones directas de N ₂ O	11.6
11.2.1.1	Elección del método	11.7
11.2.1.2	Elección de los factores de emisión	11.11
11.2.1.3	Elección de los datos de la actividad	11.13
11.2.1.4	Evaluación de incertidumbre	11.18
11.2.2	Emisiones indirectas de N ₂ O	11.21
11.2.2.1	Elección del método	11.21
11.2.2.2	Elección de factores de emisión, volatilización y lixiviación	11.25
11.2.2.3	Elección de los datos de la actividad	11.25
11.2.2.4	Evaluación de incertidumbre	11.26
11.2.3	Exhaustividad, series temporales, GC/CC.....	11.27
11.3	Emisiones de CO ₂ POR encalado.....	11.29
11.3.1	Elección del método	11.29
11.3.2	Elección de los factores de emisión.....	11.31
11.3.3	Elección de los datos de la actividad.....	11.31
11.3.4	Evaluación de incertidumbre.....	11.31
11.3.5	Exhaustividad, series temporales, GC/CC.....	11.32
11.4	Emisiones de CO ₂ de fertilización con urea	11.34
11.4.1	Elección del método	11.34
11.4.2	Elección del factor de emisión.....	11.36
11.4.3	Elección de los datos de la actividad	11.36
11.4.4	Evaluación de incertidumbre	11.36
11.4.5	Exhaustividad, coherencia de las series temporales, GC/CC	11.37
Anexo 11A.1	Referencias para los datos de residuos agrícolas del Cuadro 11.2.....	11.40
Referencias	.....	11.55

Ecuaciones

Ecuación 11.1	Emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados (Nivel 1)	11.7
Ecuación 11.2	Emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados (Nivel 2)	11.11
Ecuación 11.3	N de agregados de N orgánico aplicados a los suelos (Nivel 1)	11.13
Ecuación 11.4	N de estiércol animal aplicado a los suelos (Nivel 1)	11.14
Ecuación 11.5	N de la orina y el estiércol depositado por animales de pastoreo en pasturas, prados y praderas (Nivel 1)	11.14
Ecuación 11.6	N de residuos agrícolas y renovación de forraje/pasturas (Nivel 1)	11.15
Ecuación 11.7	Corrección de peso en seco de los rendimientos de cosecha declarados	11.16
Ecuación 11.7A	Método alternativo para estimar F _{CR} (usando el Cuadro 11.2)	11.16
Ecuación 11.8	N mineralizado en suelos minerales debido a pérdida de C del suelo por cambios en el uso o la gestión del suelo (Niveles 1 y 2)	11.17
Ecuación 11.9	N ₂ O producido por deposición atmosférica de N volatilizado de suelos gestionados (Nivel 1)	11.23
Ecuación 11.10	Emisiones de N ₂ O por lixiviación/escurrimiento de N de suelos gestionados en regiones donde se producen estos fenómenos (Nivel 1)	11.23
Ecuación 11.11	N ₂ O producido por deposición atmosférica de N volatilizado de suelos gestionados (Nivel 2)	11.24
Ecuación 11.12	Emisiones anuales de CO ₂ por aplicación de cal	11.29
Ecuación 11.13	Emisiones anuales de CO ₂ por aplicación de urea	11.34

Figuras

Figura 11.1	Diagrama esquemático que ilustra las fuentes y vías del N provocadas por las emisiones directas e indirectas de N ₂ O de suelos y aguas	11.9
Figura 11.2	Árbol de decisiones para emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados	11.10
Figura 11.3	Árbol de decisiones para las emisiones indirectas de N ₂ O de suelos gestionados	11.22
Figura 11.4	Árbol de decisiones para la identificación del nivel apropiado para la estimación de las emisiones de CO ₂ del encalado	11.30
Figura 11.5	Árbol de decisiones para la identificación del nivel apropiado para la estimación de las emisiones de CO ₂ fertilización con urea	11.35

Cuadros

Cuadro 11.1	Factores de emisión por defecto para estimar las emisiones directas de N ₂ O de los suelos gestionados	11.12
Cuadro 11.2	Factores por defecto para la estimación del N agregado a los suelos a partir de residuos agrícolas ^a	11.19
Cuadro 11.3	Factores de emisión, volatilización y lixiviación por defecto para emisiones indirectas de N ₂ O del suelo	11.26

11 EMISIONES DE N₂O DE LOS SUELOS GESTIONADOS Y EMISIONES DE CO₂ DERIVADAS DE LA APLICACIÓN DE CAL Y UREA

11.1 INTRODUCCIÓN

En el Capítulo 11 se proporciona una descripción de las metodologías genéricas a adoptar para el inventario de emisiones de óxido nitroso (N₂O) de suelos gestionados, incluidas las emisiones indirectas de N₂O de los agregados de N a la tierra, debidos a deposición y lixiviación, así como las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) producidas por los agregados de materiales de encalado y de fertilizantes con contenido de urea.

Son suelos gestionados¹ todos los de las tierras, incluidas las forestales, que están gestionadas. En lo que se refiere al N₂O, el método básico de tres niveles es el mismo empleado en la *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (GPG-LULUCF)* para pastizales y tierras de cultivo, y en la *Orientación del IPCC para las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (GPG2000)* para suelos agrícolas, mientras que se han incluido las partes pertinentes de la metodología de GPG-LULUCF para tierras forestales. Dado que los métodos se basan en depósitos y flujos que pueden producirse en todas las diversas categorías de uso de la tierra y el hecho de que, en la mayoría de los casos, sólo se dispone de datos nacionales agregados (es decir, no específicos del uso de la tierra), se presenta aquí la información genérica sobre las metodologías, como se las aplica a nivel nacional, incluyendo:

- un marco general para aplicar los métodos y las ecuaciones adecuadas para los cálculos;
- una explicación de los procesos que rigen las emisiones de N₂O de suelos gestionados (directas e indirectas) y las emisiones de CO₂ por encalado y fertilización con urea, con sus respectivas incertidumbres; y
- la elección de métodos, factores de emisión (incluidos los valores por defecto) y datos de la actividad, así como factores de volatilización y lixiviación.
- Si se dispone de datos de la actividad para las categorías específicas de uso de la tierra, las ecuaciones que se suministran pueden aplicarse para categorías específicas de uso de la tierra.

Los cambios en las *Directrices del IPCC de 2006* con respecto a las *Directrices del IPCC de 1996* incluyen lo siguiente:

- asesoramiento sobre cómo estimar las emisiones de CO₂ relacionadas con el uso de la urea como fertilizante;
- cobertura sectorial total de las emisiones indirectas de N₂O;
- amplia revisión de la bibliografía relativa a factores de emisión revisados para óxido nitroso de suelos agrícolas; y
- remoción de la fijación biológica de nitrógeno como fuente directa de N₂O dada la falta de prueba de emisiones significativas causadas por el proceso de fijación.

11.2 EMISIONES DE N₂O DE SUELOS GESTIONADOS

En esta sección se presentan los métodos y las ecuaciones para estimar el total de emisiones antropogénicas nacionales de N₂O (directas e indirectas) de suelos gestionados. Las ecuaciones genéricas que se presentan aquí también pueden emplearse para estimar el N₂O en categorías específicas del uso de la tierra o por variables bajo condiciones específicas (p. ej., agregado de N a arrozales) si el país puede desagregar los datos de la actividad a ese nivel (es decir, actividad de uso del N dentro de un uso específico de la tierra).

El óxido nitroso se produce naturalmente en los suelos a través de los procesos de nitrificación y desnitrificación. La nitrificación es la oxidación microbiana aeróbica del amonio en nitrato y la desnitrificación es la reducción

¹ Tierra gestionada se define en el Capítulo 1, Sección 1.1.

microbiana anaeróbica del nitrato en gas de nitrógeno (N_2). El óxido nitroso es un producto intermedio gaseoso en la secuencia de reacción de la desnitrificación y un producto derivado de la nitrificación que se fuga de las células microbianas al suelo y, en última instancia, a la atmósfera. Uno de los principales factores de control de esta reacción es la disponibilidad de N inorgánico en el suelo. Por lo tanto, mediante esta metodología, se estiman las emisiones de N_2O utilizando agregados netos de N a los suelos inducidos por el hombre (p. ej., fertilizantes sintéticos u orgánicos, depósito de estiércol, residuos agrícolas, barros cloacales) o por mineralización del N en la materia orgánica del suelo producida por drenaje/gestión de suelos orgánicos o por cambios en los cultivos/uso de la tierra en suelos minerales (p. ej., tierras forestales/pastizales/asentamientos convertidos en tierras de cultivo).

Las emisiones de N_2O producidas por agregados antropogénicos de N o por mineralización del N se producen tanto por vía directa (es decir, directamente de los suelos a los que se agrega o libera el N) y a través de dos vías indirectas: (i) a partir de la volatilización de NH_3 y NO_x de suelos gestionados y de la combustión de combustible fósil y quemado de biomasa, y la subsiguiente redeposición de estos gases y sus productos NH_4^+ y NO_3^- en suelos y aguas; y (ii) después de la lixiviación y el escurrimiento del N, principalmente como NO_3^- , de suelos gestionados. Las principales vías se ilustran en la Figura 11.1.

Las emisiones directas de N_2O de suelos gestionados se estiman por separado, a partir de las emisiones indirectas, aunque empleando un conjunto común de datos de la actividad. En las metodologías de Nivel 1 no se tienen en cuenta las diferentes cubiertas terrestres, tipos de suelo, condiciones climáticas o prácticas de gestión (a excepción de las mencionadas antes). Tampoco se tienen en cuenta los posibles retardos de las emisiones directas de N de residuos agrícolas, y se asignan estas emisiones al año en el que los residuos se devuelven al suelo. Estos factores no se consideran para las emisiones directas (o, de corresponder, las indirectas) porque se dispone de una cantidad de datos limitada para proporcionar factores de emisión adecuados. Los países que cuenten con datos que demuestren que los factores por defecto son inapropiados para ellos deben utilizar las ecuaciones de Nivel 2 o los métodos de Nivel 3 e incluir una explicación completa de los valores utilizados.

11.2.1 Emisiones directas de N_2O

En la mayoría de los suelos, un incremento del N disponible aumenta las tasas de nitrificación y desnitrificación que, a su vez, incrementan la producción de N_2O . Los aumentos del N disponible pueden producirse por agregados de N inducidos por el hombre o por cambios en el uso de la tierra y/o en las prácticas de gestión que mineralicen el N orgánico del suelo.

En la metodología, se incluyen las siguientes fuentes de N para estimar las emisiones directas de N_2O de suelos gestionados:

- fertilizantes de N sintético (F_{SN});
- N orgánico aplicado como fertilizante (p. ej., estiércol animal, *compost*, lodos cloacales, desechos) (F_{ON});
- N de la orina y el estiércol depositado en las pasturas, praderas y prados por animales de pastoreo (F_{PRP});
- N en residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluidos los cultivos fijadores de N ² y de forrajes durante la renovación de las pasturas ³ (F_{CR});
- La mineralización de N relacionada con la pérdida de materia orgánica del suelo como resultado de cambios en el uso de la tierra o en la gestión de suelos minerales (F_{SOM}); y
- el drenaje/la gestión de suelos orgánicos (es decir, Histosoles) ⁴ (F_{OS}).

² La fijación biológica del N se ha quitado como fuente directa de N_2O dada la falta de pruebas de emisiones significativas causadas por el proceso de fijación en sí (Rochette y Janzen, 2005). Estos autores llegaron a la conclusión de que las emisiones de N_2O inducidas por el crecimiento de los cultivos leguminosos/forrajes solamente puede estimarse en función de los ingresos de nitrógeno aéreo y subterráneo de residuos de cultivos/forraje (el N de residuos de forraje sólo se contabiliza durante la renovación de las pasturas). Por el contrario, la liberación de N por mineralización de la materia orgánica del suelo a resultados de cambios en el uso o la gestión de la tierras se incluye ahora como fuente adicional. Hay ajustes significativos a la metodología descrita previamente en las *Directrices del IPCC de 1996*.

³ El nitrógeno residual de los cultivos de forrajes perennes sólo se contabiliza durante la periódica renovación de las pasturas; es decir, no necesariamente con periodicidad anual, como sucede en el caso de los cultivos anuales.

⁴ Los suelos son orgánicos si satisfacen los requisitos 1 y 2, o 1 y 3 que se indican a continuación (FAO, 1998): 1. Espesor de 10 cm o más. Un horizonte de menos de 20 cm de espesor debe tener un 12 por ciento o más de carbono orgánico cuando se mezcla a una profundidad de 20 cm; 2. Si el suelo nunca se satura con agua durante más de unos pocos días, y contiene más de un 20 por ciento (en peso) de carbono orgánico (alrededor de un 35 por ciento de materia orgánica); 3. Si el suelo está sujeto a episodios de saturación hídrica y tiene: (i) como mínimo un 12 por ciento (en peso) de carbono orgánico (alrededor de un 20 por ciento de

11.2.1.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

El árbol de decisiones de la Figura 11.2 sirve de orientación sobre qué nivel de método utilizar.

Nivel 1

En su forma más básica, las emisiones directas de N₂O de suelos gestionados se estiman empleando la Ecuación 11.1, de la siguiente manera:

ECUACIÓN 11.1
EMISIONES DIRECTAS DE N₂O DE SUELOS GESTIONADOS (NIVEL 1)

$$N_2O_{Directas} - N = N_2O - N_{N\text{ aportes}} + N_2O - N_{OS} + N_2O - N_{PRP}$$

Donde:

$$N_2O - N_{N\text{ aportes}} = \left[\left[(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM}) \cdot EF_1 \right] + \left[(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM})_{FR} \cdot EF_{1FR} \right] \right]$$

$$N_2O - N_{OS} = \left[\left(F_{OS,CG,Temp} \cdot EF_{2CG,Temp} \right) + \left(F_{OS,CG,Trop} \cdot EF_{2CG,Trop} \right) + \left(F_{OS,F,Temp,NR} \cdot EF_{2F,Temp,NR} \right) + \left(F_{OS,F,Temp,NP} \cdot EF_{2F,Temp,NP} \right) + \left(F_{OS,F,Trop} \cdot EF_{2F,Trop} \right) \right]$$

$$N_2O - N_{PRP} = \left[\left(F_{PRP,CPP} \cdot EF_{3PRP,CPP} \right) + \left(F_{PRP,SO} \cdot EF_{3PRP,SO} \right) \right]$$

Donde:

$N_2O_{Directas} - N$ = emisiones directas anuales de N₂O–N producidas a partir de suelos gestionados, kg N₂O–N año⁻¹

$N_2O - N_{N\text{ aportes}}$ = emisiones directas anuales de N₂O–N producidas por aportes de N a suelos gestionados, kg N₂O–N año⁻¹

$N_2O - N_{OS}$ = emisiones directas anuales de N₂O–N de suelos orgánicos gestionados, kg N₂O–N año⁻¹

$N_2O - N_{PRP}$ = emisiones directas anuales de N₂O–N de aportes de orina y estiércol a tierras de pastoreo, kg N₂O–N año⁻¹

F_{SN} = cantidad anual de N aplicado a los suelos en forma de fertilizante sintético, kg N año⁻¹

F_{ON} = cantidad anual de estiércol animal, *compost*, lodos cloacales y otros aportes de N aplicada a los suelos (Nota: Si se incluyen los barros cloacales, realizar una verificación cruzada con el Sector Desechos para asegurarse de que no hay cómputo doble de las emisiones de N₂O del N contenido en los barros cloacales), kg N año⁻¹

F_{CR} = cantidad anual de N en los residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluyendo los cultivos fijadores de N y la renovación de forraje/pastura, que se regresan a los suelos, kg N año⁻¹

F_{SOM} = cantidad anual de N en suelos minerales que se mineraliza, relacionada con la pérdida de C del suelo de la materia orgánica del suelo como resultado de cambios en el uso o la gestión de la tierra, kg N año⁻¹

F_{OS} = superficie anual de suelos orgánicos gestionados/drenados, ha (Nota: los subíndices CG, F, Temp, Trop, NR y NP se refieren a Tierras de cultivo y Pastizales, Tierras forestales, Templado, Tropical, Rico en nutrientes y Pobre en nutrientes, respectivamente).

F_{PRP} = cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada por los animales en pastoreo sobre pasturas, prados y praderas, kg N año⁻¹ (Nota: los subíndices CPP y SO se refieren a Vacunos, Aves de corral y Porcinos, y a Ovinos y Otros animales, respectivamente).

materia orgánica) si no tiene arcilla; o (ii) como mínimo un 18 por ciento (en peso) de carbono orgánico (alrededor de un 30 por ciento de materia orgánica) si tiene un 60 por ciento o más de arcilla; o (iii) una cantidad intermedia proporcional de carbono orgánico para cantidades intermedias de arcilla (FAO, 1998).

EF_1 = factor de emisión para emisiones de N_2O de aportes de N, $kg\ N_2O-N\ (kg\ aporte\ de\ N)^{-1}$ (Cuadro 11.1)

Cuando se conoce la cantidad total anual de N aplicada al arroz bajo fangueo, este aporte de N puede multiplicarse por un factor de emisión por defecto más bajo aplicable a este cultivo, EF_{1FR} (Cuadro 11.1) (Akiyama *et al.*, 2005) o, donde se haya determinado un factor de emisión específico del país, por este factor en lugar de aquél. Aunque hay cierta evidencia de que las inundaciones intermitentes (según lo descrito en el Capítulo 5.5) pueden incrementar las emisiones de N_2O , los datos científicos actuales señalan que el factor EF_{1FR} se aplica también a situaciones de inundaciones intermitentes.

EF_{1FR} es el factor de emisión para emisiones de N_2O de aportes de N en plantaciones de arroz inundadas, $kg\ N_2O-N\ (kg\ aporte\ de\ N)^{-1}$ (Cuadro 11.1)

EF_2 = factor de emisión para emisiones de N_2O de suelos orgánicos drenados/gestionados, $kg\ N_2O-N\ ha^{-1}\ año^{-1}$ (Cuadro 11.1) (Nota: los subíndices CG, F, Temp, Trop, NR y NP se refieren a Tierras de cultivo y Pastizales, Tierras forestales, Templado, Tropical, Rico en nutrientes y Pobre en nutrientes, respectivamente).

EF_{3PRP} = factor de emisión para emisiones de N_2O del N de la orina y el estiércol depositado en pasturas, prados y praderas por animales en pastoreo, $kg\ N_2O-N\ (kg\ aporte\ de\ N)^{-1}$; (Cuadro 11.1) (Nota: los subíndices CPP y SO se refieren a Vacunos, Aves de corral y Porcinos, y a Ovinos y Otros animales, respectivamente).

Figura 11.1 Diagrama esquemático que ilustra las fuentes y vías del N provocadas por las emisiones directas e indirectas de N₂O de suelos y aguas.

Nota: Las fuentes de N aplicado a los suelos o depositado sobre ellos se representan con flechas del lado izquierdo del gráfico. Las vías de emisión también se indican con flechas que incluyen las distintas vías de volatilización de NH₃ y NO_x de fuentes agrícolas y no agrícolas, la deposición de estos gases y de sus productos NH₄⁺ y NO₃⁻ y también se ilustran las consiguientes emisiones indirectas de N₂O. Los «Fertilizantes de N orgánico aplicados» incluyen el estiércol animal, todos los *compost*, barros cloacales, residuos de mataderos, etc. Los «Residuos agrícolas» incluyen los residuos aéreos y subterráneos de todos los cultivos (sean o no fijadores de N) y de los cultivos de forrajes perennes y pasturas que siguen a la renovación. En el extremo inferior derecho hay una vista de corte de una sección representativa de tierras gestionadas; se representa aquí un cultivo en Histosol.

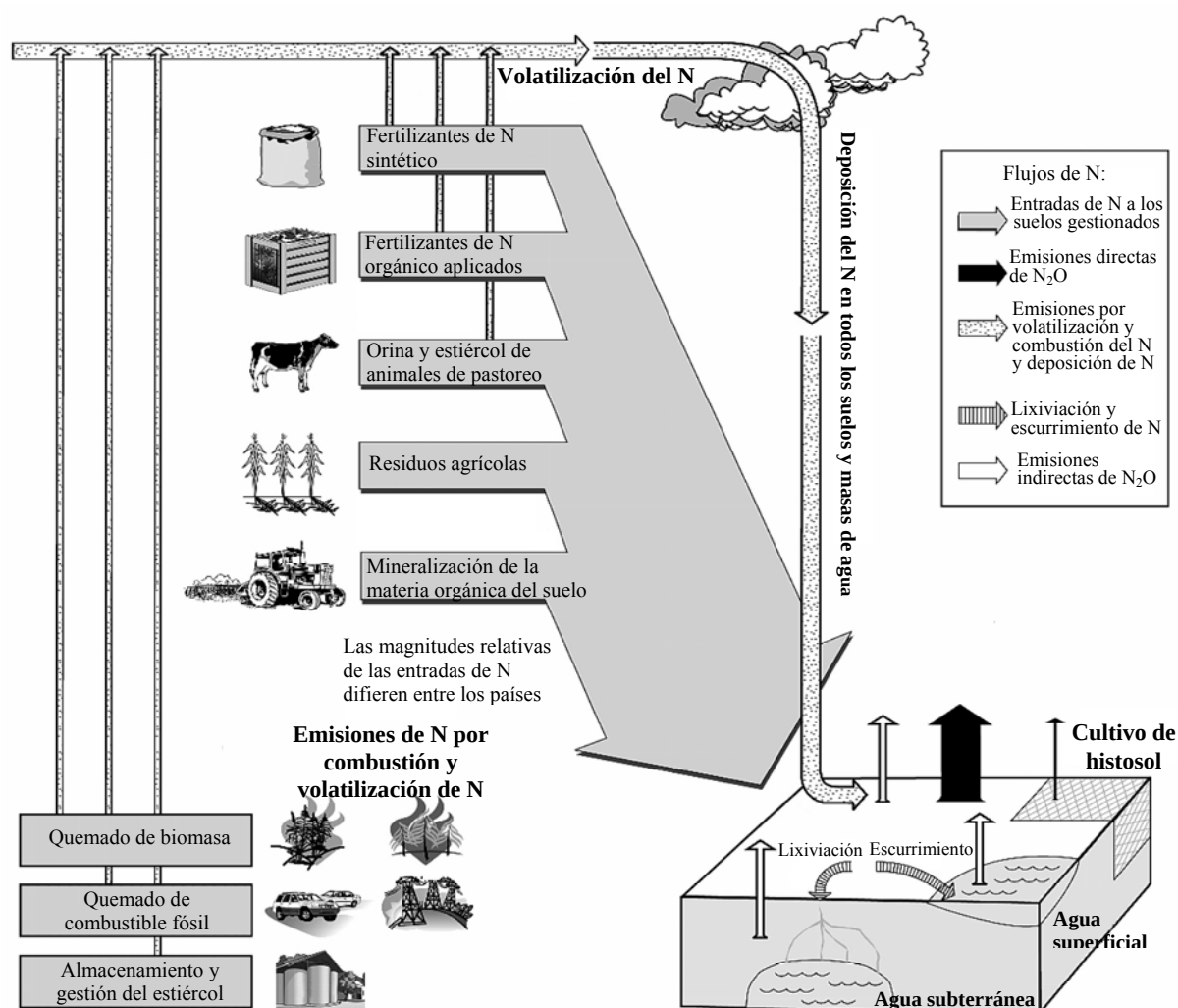
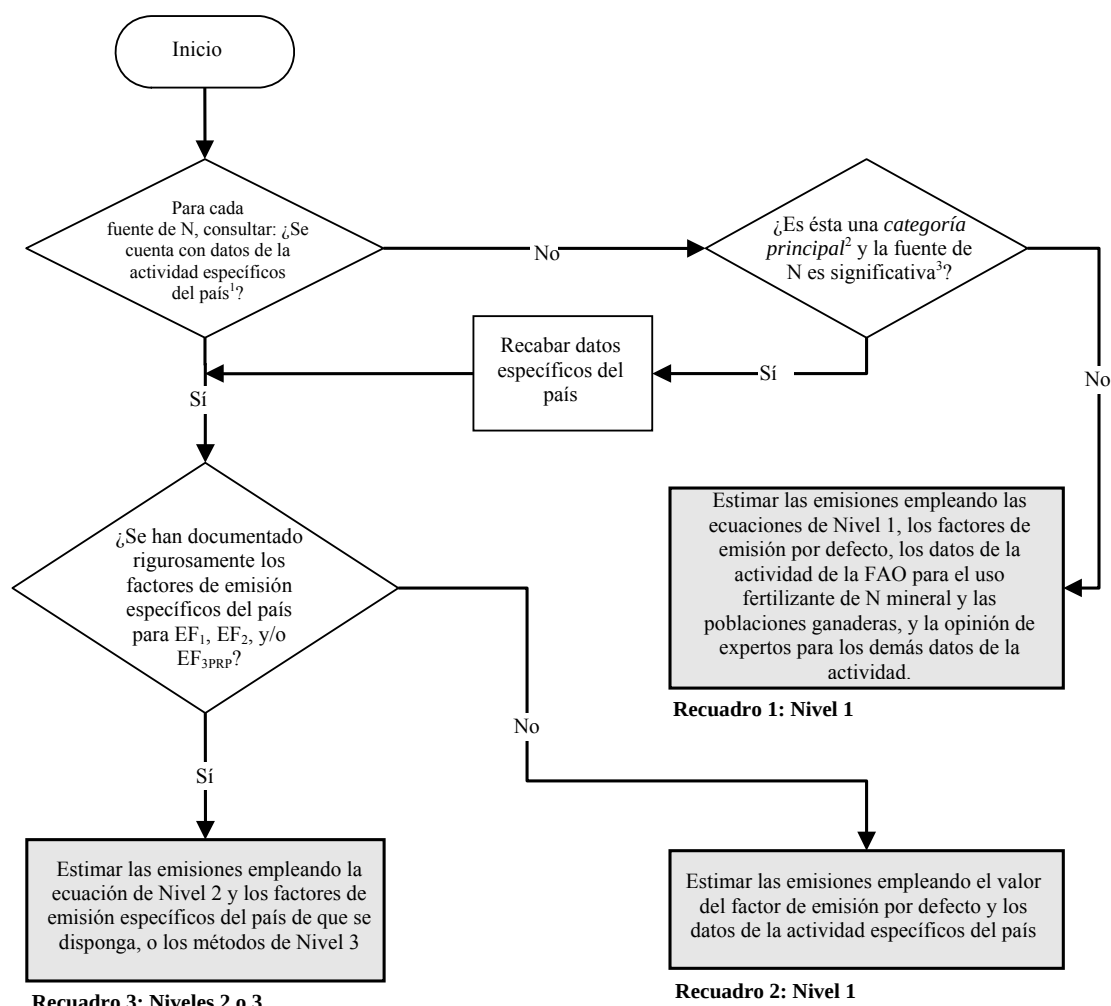


Figura 11.2 **Árbol de decisiones para emisiones directas de N₂O de suelos gestionados**

Nota:

1: Las fuentes de N incluyen: fertilizante de N sintético, aditivos de N orgánico, orina y estiércol depositados durante el pastoreo, residuos agrícolas o de forraje, la mineralización del N contenido en la materia orgánica del suelo que acompaña a la pérdida de C de suelos que sigue a un cambio en el uso o la gestión de la tierra y al drenaje/la gestión de suelos orgánicos. También se pueden incluir otros aditivos de N orgánico (p. ej., *compost*, lodo de aguas servidas, desechos) si se dispone de suficiente información. La entrada de residuos se mide en unidades de N y se agrega como un subtermino fuente adicional bajo F_{ON} en la Ecuación 11.1 para que se multiplique por EF₁.

2: Véase el Volumen 1, Capítulo 4, «Opción metodológica e identificación de categorías principales» (principalmente la sección 4.1.2 relativa a los recursos limitados) para el análisis de las *categorías principales* y el uso de los árboles de decisión.

3: Como regla general, una subcategoría será significativa si es la que produce un 25-30% de las emisiones de la categoría fuente.

La conversión de emisiones de N₂O–N en emisiones de N₂O a los efectos de la declaración se realiza empleando la siguiente ecuación:

$$N_2O = N_2O-N \bullet 44/28$$

Nivel 2

Si, para un país dado, se dispone de factores de emisión y de los respectivos datos de la actividad con mayor detalle que los que se presentan en la Ecuación 11.1, puede llevarse a cabo una mayor desagregación de los términos de la ecuación. Por ejemplo, si se dispone de los factores de emisión y de los datos de la actividad para la aplicación de fertilizantes sintéticos y de N orgánico (F_{SN} y F_{ON}) bajo diferentes condiciones *i*, la Ecuación 11.1 se ampliará para convertirse en ⁵:

ECUACIÓN 11.2

EMISIONES DIRECTAS DE N₂O DE SUELOS GESTIONADOS (NIVEL 2)

$$N_2O_{Directas}-N = \sum_i (F_{SN} + F_{ON})_i \bullet EF_{1i} + (F_{CR} + F_{SOM}) \bullet EF_1 + N_2O-N_{OS} + N_2O-N_{PRP}$$

Donde:

EF_{1i} = factores de emisión desarrollados para emisiones de N₂O de la aplicación de fertilizantes sintéticos y N orgánico en condiciones *i* (kg N₂O–N (kg aporte de N)⁻¹); *i* = 1, ...n.

La Ecuación 11.2 puede modificarse de diversas maneras para adaptarla a cualquier combinación de factores de emisión referidos a fuentes de N, tipos de cultivo, gestión, uso de la tierra, clima, suelo u otras condiciones específicas con que pueda contar un país para cada una de las variables individuales de aporte de N (F_{SN}, F_{ON}, F_{CR}, F_{SOM}, F_{OS}, F_{PRP}).

La conversión de emisiones de N₂O–N a emisiones de N₂O a los efectos de la declaración se realiza empleando la siguiente ecuación:

$$N_2O = N_2O-N \bullet 44/28$$

Nivel 3

Los métodos de Nivel 3 son métodos de modelización o de medición. Los modelos resultan útiles porque, en formas apropiadas, permiten relacionar las variables del suelo y ambientales responsables de las emisiones de N₂O con la magnitud de tales emisiones. Entonces, estas relaciones pueden utilizarse para predecir las emisiones de países enteros o regiones para los cuales las mediciones experimentales resultan impracticables. Los modelos sólo deben emplearse después de su validación mediante mediciones experimentales representativas. Se debe tener cuidado de asegurar que, en las estimaciones de emisiones desarrolladas mediante el uso de modelos o mediciones, se tengan en cuenta todas las emisiones antropogénicas de N₂O.⁶ En el Capítulo 2, Sección 2.5, se brinda orientación que aporta una base científica sólida para el desarrollo de un Sistema de contabilización basado en Modelos de Nivel 3.

11.2.1.2 ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Niveles 1 y 2

Se requieren tres factores de emisión (EF) para estimar las emisiones directas de N₂O de suelos gestionados. Los valores por defecto que aquí se presentan pueden emplearse en la ecuación de Nivel 1 o en la de Nivel 2 en combinación con factores de emisión específicos del país. El primer EF (EF₁) se refiere a la cantidad de N₂O emitida por las distintas aplicaciones de N sintético y orgánico a los suelos, incluyendo los residuos agrícolas y la mineralización del carbono orgánico del suelo en suelos minerales debida a cambios en el uso o la gestión de la tierra. El segundo EF (EF₂) se refiere a la cantidad de N₂O emitida desde los suelos orgánicos de una

⁵ Es importante señalar que la Ecuación 11.2 no es más que una de las muchas posibles modificaciones de la Ecuación 11.1 cuando se aplica el método de Nivel 2. La eventual forma de la Ecuación 11.2 depende de la disponibilidad de factores de emisión específicos de la situación y del grado al cual un país pueda desagregar sus datos de la actividad.

⁶ Se supone que las emisiones naturales de N₂O en tierras gestionadas son equivalentes a las de las tierras no gestionadas. Estas últimas son muy bajas. Por lo tanto, casi todas las emisiones de tierras gestionadas se consideran antropogénicas. Las estimaciones efectuadas empleando la metodología del IPCC son de la misma magnitud que el total de las emisiones medidas en tierras gestionadas. Las emisiones llamadas «de fondo» estimadas por Bouwman (1996) (es decir, aprox. 1 kg N₂O–N/há/año sin agregado de N fertilizante) no son emisiones «naturales» sino que, en su mayor parte, se deben a aportes de N de residuos agrícolas. Estas emisiones son antropogénicas y están contabilizadas en la metodología del IPCC.

superficie drenada/gestionada, y en el tercero (EF_{3PRP}) se estima la cantidad de N_2O emitida por el N de la orina y el estiércol depositados por los animales de pastoreo en pasturas, prados y praderas. En el Cuadro 11.1 se encuentran los factores de emisión por defecto para el método del Nivel 1.

A la luz de las nuevas pruebas, el valor por defecto para EF_1 se ha establecido en un 1% del N aplicado a los suelos o liberado a través de actividades que provoquen la mineralización de la materia orgánica en suelos minerales⁷. En muchos casos, este factor resultará adecuado; sin embargo, hay datos recientes que sugieren que este factor de emisión podría desagregarse sobre la base de (1) factores ambientales (clima, contenido de C orgánico del suelo, textura del suelo, drenaje y pH del suelo); y (2) factores relacionados con la gestión (tasa de aplicación de N por tipo de fertilizante, tipo de cultivo, con diferencias entre leguminosas, cultivos arables de no leguminosas, y hierba) (Bouwman *et al.*, 2002; Stehfest y Bouwman, 2006). En los países en los que puedan desagregarse los datos de la actividad de todos o algunos de estos factores puede optarse por emplear factores de emisión desagregados con el método de Nivel 2.

CUADRO 11.1		
FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO PARA ESTIMAR LAS EMISIONES DIRECTAS DE N_2O DE LOS SUELOS GESTIONADOS		
Factor de emisión	Valor por defecto	Rango de incertidumbre
EF_1 para aportes de N de fertilizantes minerales, abonos orgánicos y residuos agrícolas, y N mineralizado de suelos minerales a causa de pérdida de carbono del suelo [$kg\ N_2O-N\ (kg\ N)^{-1}$]	0,01	0,003 - 0,03
EF_{IFR} para arrozales inundados [$kg\ N_2O-N\ (kg\ N)^{-1}$]	0,003	0,000 - 0,006
$EF_{2\ CG, Temp}$ para suelos orgánicos templados de cultivo y con pastizales ($kg\ N_2O-N\ há^{-1}$)	8	2 - 24
$EF_{2\ CG, Trop}$ para suelos orgánicos tropicales de cultivo y pastizales ($kg\ N_2O-N\ há^{-1}$)	16	5 - 48
$EF_{2F, Temp, Org, R}$ para suelos forestales templados y boreales ricos en nutrientes orgánicos ($kg\ N_2O-N\ há^{-1}$)	0,6	0,16 - 2,4
$EF_{2F, Temp, Org, P}$ para suelos forestales templados y boreales pobres en nutrientes orgánicos ($kg\ N_2O-N\ há^{-1}$)	0,1	0,02 - 0,3
$EF_{2F, Trop}$ para suelos forestales orgánicos tropicales ($kg\ N_2O-N\ há^{-1}$)	8	0 - 24
$EF_{3PRP, CPP}$ para vacunos (lecheros y no lecheros, y búfalos), aves de corral y porcinos [$kg\ N_2O-N\ (kg\ N)^{-1}$]	0,02	0,007 - 0,06
$EF_{3PRP, SO}$ para ovinos y «otros animales» [$kg\ N_2O-N\ (kg\ N)^{-1}$]	0,01	0,003 - 0,03
Fuentes: EF_1 : Bouwman <i>et al.</i> 2002a,b; Stehfest & Bouwman, 2006; Novoa & Tejeda, 2006 en prensa; EF_{IFR} : Akiyama <i>et al.</i> , 2005; $EF_{2CG, Temp}$, $EF_{2CG, Trop}$, $EF_{2F, Trop}$: Klemetsson <i>et al.</i> , 1999, IPCC Good Practice Guidance, 2000; $EF_{2F, Temp}$: Alm <i>et al.</i> , 1999; Laine <i>et al.</i> , 1996; Martikainen <i>et al.</i> , 1995; Minkinen <i>et al.</i> , 2002; Regina <i>et al.</i> , 1996; Klemetsson <i>et al.</i> , 2002; $EF_{3, CPP}$, $EF_{3, SO}$: de Klein, 2004.		

El valor por defecto para EF_2 es de $8\ kg\ N_2O-N\ há^{-1}\ año^{-1}$ para climas templados. Dado que se supone que las tasas de mineralización tienen el doble de magnitud en los climas tropicales que en los templados, el factor de emisión EF_2 es de $16\ kg\ N_2O-N\ há^{-1}\ año^{-1}$ para climas tropicales⁸. Las definiciones de climas se proporcionan en el Capítulo 3, Anexo 3A.5.

⁷ El valor de EF_1 se ha cambiado de 1,25% a 1%, con relación a las *Directrices del IPCC de 1996*, a resultados de nuevos análisis de los datos experimentales disponibles (Bouwman *et al.*, 2002a,b; Stehfest y Bouwman, 2006; Novoa y Tejeda, 2006 en prensa). Estos análisis se basan en un número mucho mayor de mediciones que aquél de que se disponía en el estudio anterior y que diera lugar al valor previo utilizado para EF_1 (Bouwman, 1996). El valor medio para emisiones inducidas por fertilizantes y estiércol calculado en estas revisiones se aproxima al 0,9%; no obstante, se considera que, dadas las incertidumbres relacionadas con este valor y la inclusión en el cálculo del inventario de otros aportes al agregado de nitrógeno (p. ej., de residuos agrícolas y de la mineralización de materia orgánica del suelo), el valor redondeado del 1% resulta apropiado.

⁸ Los valores de EF_2 , tanto para climas templados como para los tropicales, provistos en las *1996 IPCC Guidelines* se han reemplazado por los contenidos en la *GPG2000*.

El valor por defecto de EF_{3PRP} es de un 2% del N depositado por todos los tipos de animales, excepto para «ovinos» y «otros animales». Para estas últimas especies, puede emplearse un factor de emisión por defecto del 1% del N depositado.

11.2.1.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Niveles 1 y 2

En esta sección se describen métodos genéricos para estimar la cantidad de distintos aportes de N a los suelos (F_{SN}, F_{ON}, F_{PRP}, F_{CR}, F_{SOM}, F_{OS}) que se requieren para las metodologías de Niveles 1 y 2 (Ecuaciones 11.1 y 11.2).

Fertilizante sintético aplicado (F_{SN})

El término F_{SN} se refiere a la cantidad anual de fertilizante sintético de N aplicado a los suelos⁹. Se estima a partir de la cantidad total de fertilizante sintético consumida por año. Los datos del consumo anual de fertilizante pueden recabarse de estadísticas oficiales del país, a menudo registradas como ventas de fertilizantes y/o como producción local e importaciones. Si no se dispone de datos específicos del país, pueden emplearse datos de la Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes (IFIA, del inglés *International Fertilizer Industry Association*) (<http://www.fertilizer.org/ifa/statistics.asp>) sobre el uso total de fertilizantes por tipo y por cultivo, o de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (<http://faostat.fao.org/>) sobre consumo de fertilizantes sintéticos. Puede resultar útil comparar las estadísticas nacionales con las bases de datos internacionales, como las de la IFIA y la FAO. Si se dispone de datos suficientes, los fertilizantes pueden desagregarse por tipo, tipo de cultivo y régimen climático para los principales cultivos. Estos datos pueden resultar útiles para desarrollar estimaciones de emisión revisadas si los métodos de inventario se mejoran en el futuro. Es de hacer notar que la mayoría de las fuentes de datos (incluida la FAO) podrían limitar lo declarado a usos agrícolas del N, aunque también puede haber aplicaciones en tierras forestales, asentamientos y otras tierras. Es factible que este N no contabilizado constituya una proporción pequeña del total de las emisiones. No obstante, se recomienda que, siempre que resulte posible, los países procuren obtener información adicional.

Fertilizantes de N orgánico aplicados (F_{ON})

El término «fertilizante de N orgánico aplicado» (F_{ON}) se refiere a la cantidad de aportes de N orgánico aplicada a los suelos que no provengan de animales en pastoreo y se calcula empleando la Ecuación 11.3. Esto incluye estiércol animal aplicado, barros cloacales aplicados al suelo, *compost* aplicado al suelo, así como otros abonos orgánicos de importancia regional para la agricultura (p. ej., desechos, guano, residuos de la fabricación de cerveza, etc.). El fertilizante de N orgánico (F_{ON}) se calcula empleando la Ecuación 11.3:

ECUACIÓN 11.3 N DE AGREGADOS DE N ORGÁNICO APLICADOS A LOS SUELOS (NIVEL 1)

$$F_{ON} = F_{AM} + F_{SEW} + F_{COMP} + F_{OOA}$$

Donde:

F_{ON} = cantidad total anual de fertilizante de N orgánico aplicada a los suelos, excepto el de animales en pastoreo, kg N año⁻¹

F_{AM} = cantidad anual de N de estiércol animal aplicada a los suelos, kg N año⁻¹

F_{SEW} = cantidad anual de N total de barros cloacales (coordinar con el Sector Desechos para asegurarse de que no haya cómputo doble de N) que se aplica a los suelos, kg N año⁻¹

F_{COMP} = cantidad anual del total de N de *compost* aplicada a los suelos (asegurarse de que no haya cómputo doble del N de estiércol del *compost*), kg N año⁻¹

⁹ Para el método de Nivel 1, las cantidades de fertilizantes de nitrógeno mineral (F_{SN}) y de fertilizantes de nitrógeno orgánico (F_{ON}) aplicadas ya no se ajustan según las magnitudes de volatilización de NH₃ y NO_x después de la aplicación al suelo. Esto implica un cambio en la metodología descrita en las *Directrices del IPCC de 1996*. La razón de este cambio es que, mediante estudios de campo, se ha determinado que los factores de emisión de N₂O para el N aplicado no se ajustaron para volatilización cuando se los estimó. En otras palabras, estos factores de emisión se determinaron a partir de: N₂O–N emitido inducido por fertilizante / cantidad total de N aplicado, y no de: N₂O–N emitido inducido por fertilizante / (cantidad total de N aplicado - NH₃ y NO_x volatilizado). Como resultado, de hecho, ajustar la cantidad de aporte de N por volatilización antes de multiplicarla por el factor de emisión implicaría subestimar el total de emisiones de N₂O. Los países que apliquen métodos de los Niveles 2 o 3 deben tener presente que puede resultar necesario efectuar una corrección de la volatilización de NH₃/NO_x después de la aplicación al suelo de N mineral u orgánico, según el factor de emisión y/o de la metodología de inventario que se utilice.

F_{OOA} = cantidad anual de otros abonos orgánicos utilizados como fertilizantes (p. ej., desechos, guano, residuos de la fabricación de cerveza, etc.), kg N año⁻¹

El término F_{AM} se determina ajustando la cantidad de N del estiércol disponible (N_{MMS_Avb} ; véase la Ecuación 10.34 del Capítulo 10) según la cantidad de estiércol gestionado usada para alimento ($Frac_{ALIM}$), quemada como combustible ($Frac_{COMBUST}$), o utilizado para construcción ($Frac_{CNST}$) como se indica en la Ecuación 11.4. Los datos de $Frac_{COMBUST}$, $Frac_{ALIM}$, $Frac_{CNST}$ pueden obtenerse de estadísticas oficiales o de un sondeo realizado por expertos. No obstante, si estos datos no están disponibles, debe usarse N_{MMS_Avb} como F_{AM} sin ajustar respecto a $Frac_{COMBUST}$, $Frac_{ALIM}$, $Frac_{CNST}$.

$$\begin{aligned} &\textbf{ECUACIÓN 11.4} \\ &\textbf{N DE ESTIÉRCOL ANIMAL APLICADO A LOS SUELOS (NIVEL 1)} \\ &F_{AM} = N_{MMS\_Avb} \bullet \left[1 - (Frac_{ALIM} + Frac_{COMBUST} + Frac_{CNST}) \right] \end{aligned}$$

Donde:

F_{AM} = cantidad anual de N de estiércol animal aplicada a los suelos, kg N año⁻¹

N_{MMS_Avb} = cantidad de N del estiércol gestionado disponible para aplicación al suelo y para uso como alimento, combustible o en la construcción, kg N año⁻¹ (véase la Ecuación 10.34 del Capítulo 10)

$Frac_{ALIM}$ = fracción del estiércol gestionado utilizada para alimento

$Frac_{COMBUST}$ = fracción del estiércol gestionado utilizada para combustible

$Frac_{CNST}$ = fracción del estiércol gestionado utilizada para la construcción

Orina y estiércol de animales de pastoreo (F_{PRP})

El término F_{PRP} se refiere a la cantidad anual de N depositado en suelos de pasturas, prados y praderas por animales de pastoreo. Es importante señalar que el N del estiércol animal gestionado aplicado a los suelos se incluye en el término F_{AM} de F_{ON} . El término F_{PRP} se estima empleando la Ecuación 11.5 de la cantidad de animales de cada especie/categoría de ganado T ($N_{(T)}$), la cantidad promedio anual de N excretado por cada especie/categoría de ganado T ($Nex_{(T)}$), y la fracción de este N que deposita en suelos de pasturas, prados y praderas cada especie/categoría de ganado T ($MS_{(T,PRP)}$). Los datos necesarios para esta ecuación pueden obtenerse del capítulo sobre ganado (véase el Capítulo 10, Sección 10.5).

La Ecuación 11.5 brinda una estimación de la cantidad de N depositado por los animales de pastoreo:

$$\begin{aligned} &\textbf{ECUACIÓN 11.5} \\ &\textbf{N DE LA ORINA Y EL ESTIÉRCOL DEPOSITADO POR ANIMALES DE PASTOREO EN PASTURAS,} \\ &\textbf{PRADOS Y PRADERAS (NIVEL 1)} \\ &F_{PRP} = \sum_T \left[(N_{(T)} \bullet Nex_{(T)}) \bullet MS_{(T,PRP)} \right] \end{aligned}$$

Donde:

F_{PRP} = cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada en pasturas, prados y praderas por animales en pastoreo, kg N año⁻¹

$N_{(T)}$ = cantidad de cabezas de ganado de la especie/categoría T del país (véase el Capítulo 10, Sección 10.2)

$Nex_{(T)}$ = promedio anual de excreción de N por cabeza de la especie/categoría T en el país, kg N animal⁻¹ año⁻¹ (véase el Capítulo 10, Sección 10.5).

$MS_{(T,PRP)}$ = fracción del total de la excreción anual de N de cada especie/categoría de ganado T que se deposita en pasturas, prados y praderas^{fn} (véase el Capítulo 10, Sección 10.5)

N de residuos agrícolas, incluyendo cultivos fijadores de N y renovación de forraje/pasturas, devuelto a los suelos (F_{CR})

El término F_{CR} se refiere a la cantidad de N contenida en los residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluyendo cultivos fijadores de N, que se devuelve a los suelos anualmente¹⁰. También incluye el N de forrajes fijadores y no fijadores de N que se mineraliza durante la renovación del forraje o las pasturas¹¹. Se estima a partir de estadísticas de rendimiento de cultivos y de factores por defecto de relaciones residuo: rendimiento aéreo/subterráneo y contenido de N de los residuos. Además, el método tiene en cuenta el efecto del quemado de residuos u otras remociones de residuos (las emisiones directas de N₂O del quemado de residuos se tratan en el Capítulo 2, Sección 2.4). Dado que las relaciones residuos: rendimiento, tiempo de renovación y contenido de N varían según los diferentes tipos de cultivos, deben realizarse cálculos por separado para los principales tipos de cultivos y, después, sumar los valores de N para todos los tipos de cultivos. Como mínimo, se recomienda que los cultivos se clasifiquen en: 1) cultivos no fijadores de N (p. ej., maíz, arroz, trigo, cebada); 2) granos y legumbres fijadores de N (p. ej., soja, alubias, garbanzos, lentejas); 3) raíces y tubérculos (p. ej., patata, boniato, mandioca); 4) forrajes fijadores de N (alfalfa, trébol); y 5) otros forrajes, incluyendo hierbas perennes y praderas de hierbas/trébol. La Ecuación 11.6 permite estimar el N de residuos agrícolas y de la renovación de forraje/pasturas, para un método de Nivel 1.

ECUACIÓN 11.6

N DE RESIDUOS AGRÍCOLAS Y RENOVACIÓN DE FORRAJE/PASTURAS (NIVEL 1)

$$F_{CR} = \sum_T \left\{ Cultivo_{(T)} \bullet (Superf_{(T)} - Superf_{quemada_{(T)}} \bullet C_f) \bullet Frac_{Renov(T)} \bullet \left[R_{AG(T)} \bullet N_{AG(T)} \bullet (1 - Frac_{Remoc(T)}) + R_{BG(T)} \bullet N_{BG(T)} \right] \right\}$$

Donde:

F_{CR} = cantidad anual de N en los residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluyendo los cultivos fijadores de N y de la renovación de forraje/pastura, devueltos a los suelos, kg N año⁻¹

$Cultivo_{(T)}$ = rendimiento anual de materia seca cosechada para el cultivo T , kg d.m. há⁻¹

$Superf_{(T)}$ = total de superficie anual de cosecha del cultivo T , há año⁻¹

$Superf_{quemada_{(T)}}$ = superficie anual del cultivo T quemada, há año⁻¹

C_f = factor de combustión (sin dimensión) (véase el Capítulo 2, Cuadro 2.6)

$Frac_{Renov(T)}$ = fracción de la superficie total dedicada al cultivo T que se renueva anualmente¹². Para países en los que las pasturas se renuevan, en promedio, cada X años, $Frac_{Renov} = 1/X$. Para cultivos anuales, $Frac_{Renov} = 1$

$R_{AG(T)}$ = relación entre la materia seca de los residuos aéreos ($AG_{DM(T)}$) y el rendimiento de cosecha del cultivo T ($Cultivo_{(T)}$), kg d.m. (kg d.m.)⁻¹,

= $AG_{DM(T)} \bullet 1000 / Cultivo_{(T)}$ (calculando $AG_{DM(T)}$ a partir de la información del Cuadro 11.2)

$N_{AG(T)}$ = contenido de N de los residuos aéreos del cultivo T , kg N (kg d.m.)⁻¹, (Cuadro 11.2)

$Frac_{Remoc(T)}$ = fracción de los residuos aéreos del cultivo T que se extraen anualmente, como los destinados a alimentos, camas y construcción, kg N (kg cultivo-N)⁻¹. Se requiere un sondeo a cargo de expertos del país para obtener los datos. Si no se dispone de datos respecto a $Frac_{Remoc}$, se supone que no hay remoción.

$R_{BG(T)}$ = relación entre residuos subterráneos y rendimiento de cosecha del cultivo T , kg d.m. (kg d.m.)⁻¹. Si no se dispone de datos alternativos, $R_{BG(T)}$ puede calcularse multiplicando R_{BG-BIO} del Cuadro 11.2 por la relación entre el total de biomasa aérea y el rendimiento del cultivo (= $[(AG_{DM(T)} \bullet 1000 + Cultivo_{(T)}) / Cultivo_{(T)}]$, (también calculando $AG_{DM(T)}$ a partir de la información del Cuadro 11.2).

¹⁰ La ecuación para estimar F_{CR} se ha modificado respecto a la de las previas *Directrices del IPCC de 1996* para dar cuenta del aporte del nitrógeno subterráneo al ingreso total de nitrógeno de los residuos agrícolas, lo que previamente se había omitido en la estimación del F_{CR} . Consecuentemente, ahora, F_{CR} representa una estimación más exacta de la cantidad de ingreso de nitrógeno de los residuos agrícolas, lo que hace posible evaluar la contribución al nitrógeno de residuos que surge del crecimiento de las leguminosas usadas para forraje, como la alfalfa, en las que se cosecha casi toda la materia seca aérea, lo que resulta en que no haya residuos significativos a excepción del sistema radicular.

¹¹ La inclusión del nitrógeno de la renovación de forraje o pasturas constituye un cambio respecto a las previas *Directrices del IPCC de 1996*.

¹² Este término se incluye en la ecuación a fin de contabilizar la liberación de N y los subsiguientes incrementos en las emisiones de N₂O (p. ej., van der Weerden *et al.*, 1999; Davies *et al.*, 2001), de la renovación/cultivo de hierbas o pasturas de hierbas/trébol sometidas a pastoreo y otros cultivos forrajeros.

$N_{BG(T)}$ = contenido de N de los residuos subterráneos del cultivo T , kg N (kg d.m.)⁻¹, (Cuadro 11.2)

T = tipo de cultivo o forraje

Los datos sobre estadísticas de rendimiento de cultivos (rendimientos y superficie cultivada, por cultivo) pueden obtenerse de fuentes nacionales. Si estos datos no están disponibles, la FAO publica datos sobre producción de cultivos: (<http://faostat.fao.org/>).

Dado que las estadísticas de rendimiento de muchos cultivos se declaran en peso seco en el campo o fresco, donde resulte apropiado, puede aplicarse un factor de corrección para estimar los rendimientos en materia seca ($Cultivo_{(T)}$) (Ecuación 11.7). El factor de corrección adecuado a usar depende de las normas que se utilicen en las declaraciones de rendimiento, las que pueden variar según los países. En forma alternativa, pueden emplearse los valores por defecto de contenido de materia seca que se proporcionan en el Cuadro 11.2.

$$\text{ECUACIÓN 11.7}$$

$$\text{CORRECCIÓN DE PESO EN SECO DE LOS RENDIMIENTOS DE COSECHA DECLARADOS}$$

$$Cultivo_{(T)} = Rend_{dim Fresco_{(T)}} \bullet SECO$$

Donde:

$Cultivo_{(T)}$ = rendimiento de materia seca cosechada para el cultivo T , kg d.m. há⁻¹

$Rend_{Fresco_{(T)}}$ = rendimiento en fresco cosechado para el cultivo T , kg peso fresco há⁻¹

$SECO$ = fracción de materia seca del cultivo cosechado T , kg d.m. (kg peso fresco)⁻¹

También pueden emplearse las ecuaciones de regresión del Cuadro 11.2 para calcular el total de residuos de materia seca aérea; entonces, los demás datos del cuadro permiten, a su vez, el cálculo del N contenido en los residuos aéreos, la materia seca subterránea y el total de N en los residuos subterráneos. El total de agregado de N, F_{CR} , es la suma de los contenidos de N aéreos y subterráneos. Con este método, el F_{CR} surge de la Ecuación 11.7A:

$$\text{ECUACIÓN 11.7A}$$

$$\text{MÉTODO ALTERNATIVO PARA ESTIMAR } F_{CR} \text{ (USANDO EL CUADRO 11.2)}$$

$$F_{CR} = \sum_T \left\{ AG_{DM(T)} \bullet (Superf_{(T)} - Superf_{quemada_{(T)}} \bullet CF) \bullet Frac_{Renov(T)} \bullet \left[N_{AG(T)} \bullet (1 - Frac_{Remoc(T)}) + R_{BG-BIO(T)} \bullet N_{BG(T)} \right] \right\}$$

Una mejora en este método para determinar F_{CR} (es decir, Nivel 2) sería usar datos específicos del país y no los valores provistos en el Cuadro 11.2, así como valores específicos del país para la fracción de residuo aéreo quemado.

*N mineralizado resultante de la pérdida en existencias de C orgánico del suelo en suelos minerales por cambios en el uso de la tierra o prácticas de gestión (F_{SOM})*¹³

El término F_{SOM} se refiere a la cantidad de N mineralizado de la pérdida de C orgánico del suelo en suelos minerales por cambios en el uso de la tierra o prácticas de gestión. Como se explica en el Capítulo 2, Sección 2.3.3., los cambios en el uso de la tierra y toda una diversidad de prácticas de gestión pueden tener un impacto significativo sobre el almacenamiento de C orgánico en el suelo. El C y el N orgánicos están íntimamente ligados con la materia orgánica del suelo. Donde se pierde C del suelo por oxidación debido a cambios en el uso o la gestión de la tierra, esta pérdida tendrá lugar acompañada por una simultánea mineralización de N. Donde hay una pérdida de C del suelo, este N mineralizado se considera una fuente adicional de N disponible para su conversión en N₂O (Smith y Conen, 2004); así como el N mineral liberado por la descomposición de residuos agrícolas, por ejemplo, se convierte en una fuente. Se emplea el mismo factor de emisión por defecto (EF_1) para N mineralizado por pérdida de materia orgánica del suelo que el que se utiliza para las emisiones directas resultantes de aportes de fertilizantes y N orgánico a los suelos agrícolas. Esto se debe a que el amonio y el nitrato que produce la mineralización de la materia orgánica del suelo tiene el mismo valor que un sustrato para los microorganismos que producen el N₂O por nitrificación y desnitrificación, independientemente de si la fuente de N mineral es por pérdida de materia orgánica del suelo por cambios en el uso o la gestión de la tierra, por

¹³ La inclusión del término F_{SOM} constituye un cambio respecto a las previas *Directrices del IPCC de 1996*, que no incluían el N de mineralización que se asocia con una pérdida del C orgánico del suelo.

descomposición de residuos agrícolas, por fertilizantes sintéticos o por abonos orgánicos. (Nota: el proceso opuesto a la mineralización, por el que el N inorgánico es secuestrado en la nueva SOM formada, no se tiene en cuenta en el cálculo de la fuente de mineralización del N. Esto se debe a la diferente dinámica de la descomposición y formación de SOM, así como a que, en ciertas circunstancias, un laboreo reducido puede aumentar tanto la SOM como la emisión de N₂O.

Para todas las situaciones en las que se produzcan pérdidas de C del suelo (según lo calculado en el Capítulo 2, Ecuación 2.25), se muestran a continuación los métodos de Niveles 1 y 2 para calcular la liberación de N por mineralización.

Pasos de cálculo para estimar los cambios en el suministro de N por mineralización

Paso 1: calcular el promedio anual de pérdida de C del suelo ($\Delta C_{\text{Minerales, LU}}$) para la superficie en cuestión, durante el período del inventario, empleando la Ecuación 2.25 del Capítulo 2. Aplicando el método de Nivel 1, $\Delta C_{\text{Minerales, LU}}$ tendrá un único valor para todos los usos de la tierra y sistemas de gestión. Empleando el Nivel 2, el valor de $\Delta C_{\text{Mineral, es LU}}$ se desagrega para los distintos usos de la tierra y/o sistemas de gestión.

Paso 2: estimar el N mineralizado como consecuencia de esta pérdida de C del suelo (F_{SOM}), aplicando la Ecuación 11.8:

ECUACIÓN 11.8
N MINERALIZADO EN SUELOS MINERALES DEBIDO A PÉRDIDA DE C DEL SUELO POR CAMBIOS EN EL USO O LA GESTIÓN DEL SUELO (NIVELES 1 Y 2)

$$F_{\text{SOM}} = \sum_{\text{LU}} \left[\left(\Delta C_{\text{Minerales, LU}} \cdot \frac{1}{R} \right) \cdot 1\,000 \right]$$

Donde:

F_{SOM} = cantidad neta anual de N mineralizado en suelos minerales debido a la pérdida de carbono del suelo por cambios en el uso o la gestión de la tierra, Kg N

$\Delta C_{\text{Minerales, LU}}$ = pérdida promedio anual de carbono del suelo para cada tipo de uso de la tierra (LU), ton C (Nota: para el Nivel 1, el $\Delta C_{\text{minerales, LU}}$ tendrá un único valor para todos los usos de la tierra y sistemas de gestión. Empleando el Nivel 2, el valor de $\Delta C_{\text{Minerales, LU}}$ se desagregará para los distintos usos de la tierra y/o sistemas de gestión.

R = relación C:N de la materia orgánica del suelo. Puede usarse un valor por defecto de 15 (rango de incertidumbre entre 10 y 30) para la relación C:N (R) para situaciones que impliquen cambios en el uso de la tierra de tierras forestales o pastizales a tierras de cultivo, en ausencia de datos más específicos de la zona. Puede usarse un valor por defecto de 10 (rango entre 8 y 15) para situaciones que impliquen cambios en la gestión en *tierras de cultivo que permanecen como tales*. La relación C:N puede cambiar a través del tiempo, con los usos de la tierra o las prácticas de gestión¹⁴. Si los países pueden documentar los cambios en la relación C:N, entonces, pueden utilizarse diferentes valores según la serie temporal, el uso de la tierra y la práctica de gestión.

LU = tipo de uso de la tierra y/o sistema de gestión.

Paso 3: para el Nivel 1, el valor de F_{SOM} se calcula en un único paso. Para el Nivel 2, F_{SOM} se calcula sumando todos los tipos de usos de la tierra y/o sistemas de gestión (LU).

los países que no pueden estimar los cambios brutos de C en suelos minerales deben crear un sesgo en la estimación de N₂O, y es una *buena práctica* reconocer esta limitación en la documentación de las declaraciones. También es una *buena práctica* utilizar datos específicos de las relaciones C:N para las superficies de tierra desagregadas, si se dispone de ellas, conjuntamente con los datos para cambios en carbono.

Superficie de suelos orgánicos drenados/gestionados (F_{OS})

El término F_{OS} se refiere a la superficie total anual (há) de suelos orgánicos drenados/gestionados (véase la nota al pie 4 en cuanto a su definición). Esta definición se aplica tanto para los métodos de Nivel 1 como para los de Nivel 2. Para todos los usos de la tierra, las superficies deben estratificarse por zona climática (templada y tropical). Además, para tierras forestales templadas, las superficies deben estratificarse también según la fertilidad del suelo (ricas en nutrientes y pobres en nutrientes). La superficie de suelos orgánicos drenados/gestionados (F_{OS}) puede obtenerse de estadísticas nacionales oficiales. Alternativamente, el total de la

¹⁴ Puede encontrarse información sobre relaciones C:N en suelos forestales y de cultivo en las siguientes referencias: Aitkenhead-Peterson *et al.*, 2005; Garten *et al.*, 2000; John *et al.*, 2005; Lobe *et al.*, 2001; Snowdon *et al.*, 2005, y otras referencias citadas por estos autores.

superficie de suelos orgánicos de cada país está a disposición en el sitio de la FAO (<http://faostat.fao.org/>), y puede emplearse el asesoramiento de expertos para estimar las superficies que se drenan/gestionan. En cuanto a tierras forestales, los datos nacionales van a estar disponibles en organizaciones que hacen relevamiento de suelos y de relevamientos de humedales, p. ej., para convenciones internacionales. En caso de que resulte imposible la estratificación según la fertilidad del suelo, los países pueden confiar en el dictamen de expertos.

11.2.1.4 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Las incertidumbres en las estimaciones de las emisiones directas de N₂O de suelos gestionados son provocadas por las incertidumbres relacionadas con los factores de emisión (véase el Cuadro 11.1 en cuanto a rangos de incertidumbre), variabilidad natural, fracciones de subdivisión, datos de la actividad, falta de cobertura de las mediciones, agregación espacial, y falta de información sobre prácticas rurales específicas. Se incorporará más incertidumbre en un inventario cuando se usen mediciones de emisión que no sean representativas de todas las condiciones del país. En general, la fiabilidad de los datos de la actividad será mayor que la de los factores de emisión. A modo de ejemplo, puede provocarse mayor incertidumbre si se ignora información sobre la observancia de las leyes y reglamentaciones relacionadas con el manejo y la aplicación de fertilizantes y estiércol, y con los cambios en las prácticas de gestión agrícola. Por lo general, resulta difícil obtener información sobre la real observancia de las leyes y sobre las posibles reducciones de la emisión logradas, así como sobre las prácticas agrícolas. Para obtener una orientación más detallada sobre la evaluación de la incertidumbre véase el Volumen 1, Capítulo 3.

CUADRO 11.2
FACTORES POR DEFECTO PARA LA ESTIMACIÓN DEL N AGREGADO A LOS SUELOS A PARTIR DE RESIDUOS AGRÍCOLAS ^a

Cultivo	Fracción de materia seca del producto cosechado (SECO)	Materia seca de los residuos aéreos AG _{DM(T)} (Mg/ha): AG _{DM(T)} = Cultivo _(T) * declive _(T) + intercept _(T)					Contenido de N de residuos aéreos (N _{AG})	Relación residuos subterráneos / biomasa aérea (R _{BG-BIO})	Contenido de N de residuos subterráneos (N _{BG})
		Declive	± 2 s.d. como % de la media	Intercepción	± 2 s.d. como % de la media	R ² ajust.			
<i>Principales tipos de cultivos</i>									
Granos	0,88	1,09	± 2%	0,88	± 6%	0,65	0,006	0,22 (± 16%)	0,009
Alubias y legumbres ^b	0,91	1,13	± 19%	0,85	± 56%	0,28	0,008	0,19 (± 45%)	0,008
Tubérculos ^c	0,22	0,10	± 69%	1,06	± 70%	0,18	0,019	0,20 (± 50%)	0,014
Raíces, otros ^d	0,94	1,07	± 19%	1,54	± 41%	0,63	0,016	0,20 (± 50%)	0,014
Forrajes fijadores de N	0,90	0,3	± 50% x defecto	0	-	-	0,027	0,40 (± 50%)	0,022
Forrajes no fijadores de N	0,90	0,3	± 50% x defecto	0	-	-	0,015	0,54 (± 50%)	0,012
Hierbas perennes	0,90	0,3	± 50% x defecto	0	-	-	0,015	0,80 (± 50%) ^l	0,012
Mezclas de hierba y trébol	0,90	0,3	± 50% x defecto	0	-	-	0,025	0,80 (± 50%) ^l	0,016 ^p
<i>Cultivos individuales</i>									
Maíz	0,87	1,03	± 3%	0,61	± 19%	0,76	0,006	0,22 (± 26%)	0,007
Trigo	0,89	1,51	± 3%	0,52	± 17%	0,68	0,006	0,24 (± 32%)	0,009
Trigo de invierno	0,89	1,61	± 3%	0,40	± 25%	0,67	0,006	0,23 (± 41%)	0,009
Trigo de primavera	0,89	1,29	± 5%	0,75	± 26%	0,76	0,006	0,28 (± 26%)	0,009
Arroz	0,89	0,95	±19%	2,46	± 41%	0,47	0,007	0,16 (± 35%)	ND
Cebada	0,89	0,98	± 8%	0,59	± 41%	0,68	0,007	0,22 (± 33%)	0,014
Avena	0,89	0,91	± 5%	0,89	± 8%	0,45	0,007	0,25 (± 120%)	0,008
Mijo	0,90	1,43	± 18%	0,14	± 308%	0,50	0,007	ND	ND
Sorgo	0,89	0,88	± 13%	1,33	± 27%	0,36	0,007	ND	0,006
Centeno ^e	0,88	1,09	± 50% x defecto	0,88	± 50% x defecto	-	0,005	ND	0,011

CUADRO 11.2 (CONTINUACIÓN)
FACTORES POR DEFECTO PARA LA ESTIMACIÓN DEL N AGREGADO A LOS SUELOS A PARTIR DE RESIDUOS AGRÍCOLAS ^A

Cultivo	Fracción de materia seca del producto cosechado (SECO)	Materia seca de los residuos aéreos AG _{DM(T)} (Mg/ha): AG _{DM(T)} = Cultivo _(T) * declive _(T) + intercept _(T)					Contenido de N de residuos aéreos (N _{AG})	Relación residuos subterráneos / biomasa aérea (R _{BG-BIO})	Contenido de N de residuos subterráneos (N _{BG})
		Declive	± 2 s.d. como % de la media	Intercepción	± 2 s.d. como % de la media	R ² ajust.			
Soja	0,91	0,93	± 31%	1,35	± 49%	0,16	0,008	0,19 (± 45%)	0,008
Alubias ^g	0,90	0,36	± 100%	0,68	± 47%	0,15	0,01	ND	0,01
Patatas ^h	0,22	0,10	± 69%	1,06	± 70%	0,18	0,019	0,20 (± 50%) ^m	0,014
Cacahuetes (c/vaina) ⁱ	0,94	1,07	± 19%	1,54	± 41%	0,63	0,016	ND	ND
Alfalfa ^j	0,90	0,29 ^k	± 31%	0	-	-	0,027	0,40 (± 50%) ⁿ	0,019
Heno no-leguminoso ^j	0,90	0,18	± 50% x defecto	0	-	-	0,15	0,54 (± 50%) ⁿ	0,012

^a Fuente: Revisión de la bibliografía a cargo de Stephen A. Williams, Natural Resource Ecology Laboratory, Colorado State University. (Correo electrónico: stevewi@warnernr.colostate.edu) para CASMGS (<http://www.casngs.colostate.edu/>). En el Anexo 11A.1 se suministra un listado de las referencias originales.

^b La relación promedio de residuos aéreos: grano de todos los datos usados fue de 2,0 e incluyó datos relativos a soja, alubias, lentejas, arvejas, frijoles, lentejas negras, y guisantes.

^c Modelizado sobre la base de las patatas.

^d Modelizado sobre la base de los cacahuetes.

^e No hay datos para el centeno. Los valores de declive e intercepción son los de todos los granos. s.d. por defecto.

^f La relación promedio residuos aéreos: grano de todos los datos utilizados fue de 1,9.

^g Ortega, 1988 (véase el Anexo 11A.1). La relación promedio residuos aéreos: grano de esta única fuente fue de 1,6. s.d. por defecto para raíces: AGB.

^h El valor medio utilizado para la relación residuos aéreos: tubérculos fue de 0,27 con un error estándar de 0,04.

ⁱ El valor medio utilizado para residuos aéreos: rendimiento por vaina en las fuentes fue de 1,80 con un error estándar de 0,10.

^j Fuente única. s.d. por defecto para raíces: AGB.

^k Ésta es la biomasa aérea promedio declarada como hojarasca o pérdidas de cosecha. No incluye el rastrojo declarado que, en promedio, fue de 0,165 x rendimientos declarados. s.d. por defecto.

^l Estimación de renovación de raíces para la producción aérea basada en la hipótesis de que, en los sistemas de hierbas naturales, la biomasa subterránea es aproximadamente equivalente al doble (de una a tres veces) de la biomasa aérea y que la renovación en estos sistemas es, en promedio, de alrededor del 40% (30 al 50%) por año. s.d. por defecto.

^m Ésta es una estimación de raíces no tubérculos basada en valores raíz:tallo encontrados para otros cultivos. Si los tubérculos no comercializables se devuelven al suelo, entonces, los datos se derivan de Vangessel y Renner, 1990 (véase el Anexo 11A.1) (rendimiento no comercializable = 0,08 * rendimiento comercializable = 0,29 * biomasa aérea) lo que sugiere que el total de los residuos devueltos sería, entonces, del orden de 0,49 * biomasa aérea. s.d. por defecto.

ⁿ Ésta es una estimación de la renovación de raíces en los sistemas perennes. s.d. por defecto.

^p Aquí, se supone que la hierba domina el sistema en una proporción de 2 a 1 sobre las legumbres.

11.2.2 Emisiones indirectas de N₂O

Además de las emisiones directas de N₂O de los suelos gestionados que se producen por vía directa (es decir, directamente desde los suelos a los que se les aplica N), también tienen lugar emisiones de N₂O por vías indirectas (como se señalara anteriormente en la Sección 11.2).

La primera de estas vías es la volatilización de N como NH₃ y óxidos de N (NO_x), y la deposición de estos gases y de sus productos NH₄⁺ y NO₃⁻ sobre los suelos y la superficie de los lagos y otras masas de agua. Las fuentes de N como NH₃ y NO_x no se limitan a los fertilizantes y abonos agrícolas, sino que incluyen también la combustión de combustible fósil, el quemado de biomasa, y los procesos de la industria química (véase el Volumen 1, Capítulo 7, Sección 7.3). Es así que estos procesos provocan emisiones de N₂O exactamente de la misma manera que las que resultan de la deposición de NH₃ y NO_x derivados de la agricultura, después de la aplicación de fertilizantes de N sintético y orgánico y/o de la deposición de orina y estiércol de los animales en pastoreo. La segunda vía es la lixiviación y el escurrimiento desde la tierra de N de agregados de fertilizantes sintéticos y orgánicos, residuos agrícolas ¹⁵, mineralización de N relacionada con pérdida de C del suelo en suelos minerales y en suelos orgánicos drenados/gestionados por los cambios en el uso de la tierra o las prácticas de gestión, y la deposición de orina y estiércol de los animales en pastoreo. Parte del N inorgánico del suelo o sobre el suelo, principalmente en forma de NO₃, puede evitar los mecanismos de retención biológica del sistema suelo/vegetación por transporte en el flujo de agua por tierra (escurrimiento) y/o fluir a través de los macroporos del suelo o del drenaje por tuberías. Cuando hay un exceso de NO₃ más allá de la demanda biológica, p. ej., bajo machas de orina vacuna, el exceso lixivia a través del perfil del suelo. Los procesos de nitrificación y desnitrificación descritos al comienzo de este capítulo transforman parte del NH₄⁺ y NO₃⁻ en N₂O. Esto puede suceder en las aguas subterráneas que están debajo de la tierra a la que se aplicara N, en zonas ribereñas que reciben el agua de drenaje o escurrimiento, o en las acequias, corrientes, ríos y estuarios (y sus sedimentos) a los cuales fluye en algún momento el agua de drenaje de las tierras.

La metodología descrita en este Capítulo se refiere a las siguientes fuentes de N de emisiones indirectas de N₂O de suelos gestionados que surgen de aportes agrícolas de N:

- fertilizantes de N sintético (F_{SN});
- N orgánico aplicado como fertilizante (p. ej., estiércol animal ¹⁶, *compost*, lodos cloacales, desechos y otros abonos orgánicos) (F_{ON});
- N de la orina y el estiércol depositado en las pasturas, praderas y prados por animales de pastoreo (F_{PRP});
- N en residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluyendo cultivos fijadores de N y renovación de forrajes/pasturas devueltos a los suelos (F_{CR}) ¹⁷; y
- La mineralización de N relacionada con la pérdida de materia orgánica del suelo como resultado de cambios en el uso de la tierra o en la gestión de suelos minerales (F_{SOM}); y

Los métodos genéricos de Niveles 1 y 2 descritos a continuación pueden emplearse para estimar el total de emisiones indirectas de N₂O producidas por agregados de N agrícola a suelos gestionados de todo un país. Si un país está estimando las emisiones directas de N₂O de suelos gestionados por categoría de uso de la tierra, las emisiones también pueden estimarse con la misma desagregación de categorías de uso de la tierra empleando las ecuaciones que se presentan a continuación con datos de la actividad, fracciones de subdivisión, y/o factores de emisión específicos para cada categoría de uso de la tierra. La metodología para estimar las emisiones indirectas de N₂O de fuentes relacionadas con la combustión e industriales se describe en el Volumen 1, Capítulo 7, Sección 7.3.

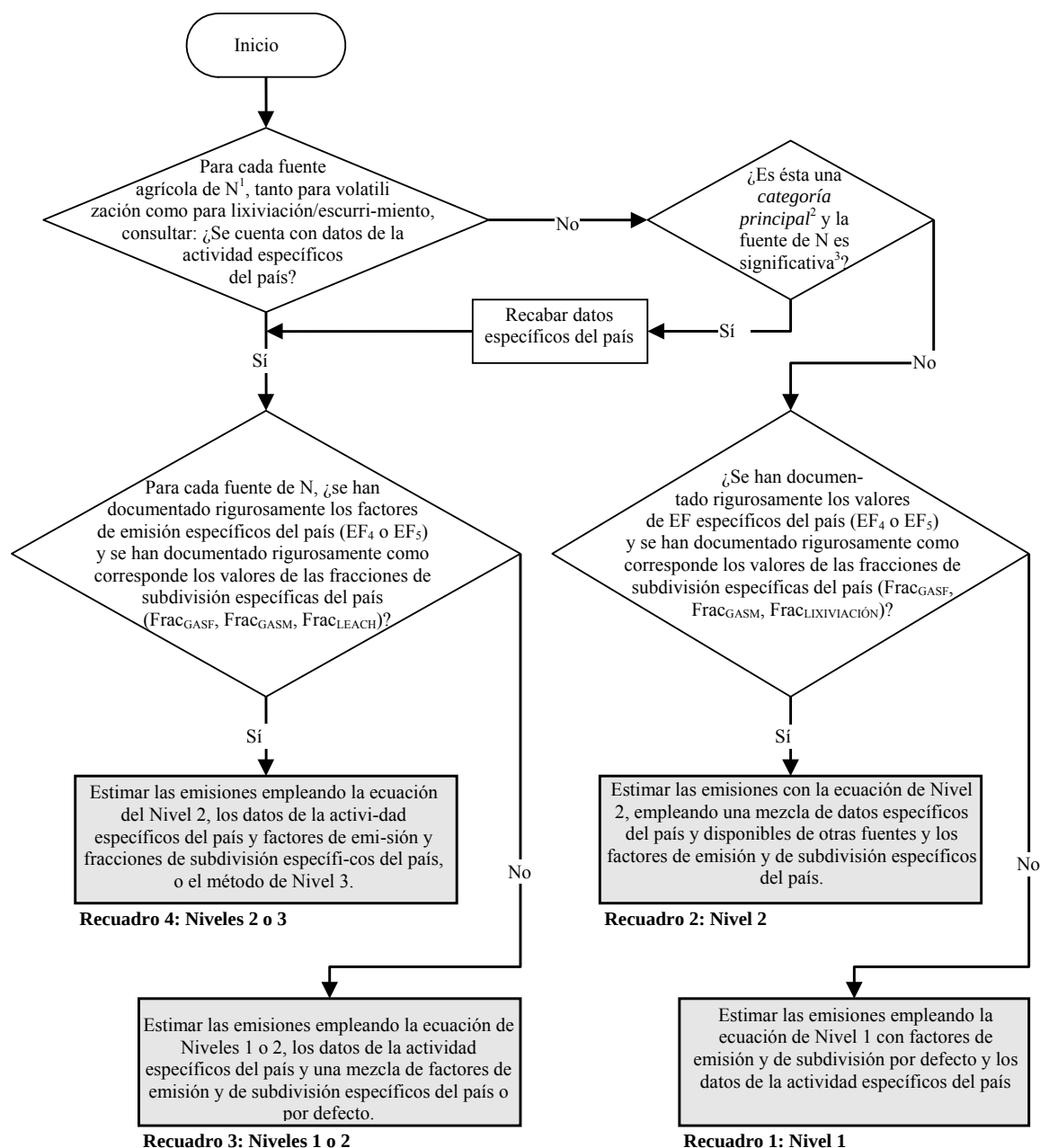
11.2.2.1 ELECCIÓN DEL MÉTODO

Véase el árbol de decisiones de la Figura 11.3 (Emisiones indirectas de N₂O) para conocer la orientación sobre qué nivel de método utilizar.

¹⁵ La inclusión de los residuos agrícolas como motivo de aporte de N al componente de lixiviación y escurrimiento constituye un cambio respecto a las previas directrices del IPCC.

¹⁶ La volatilización y la subsiguiente deposición de nitrógeno del estiércol en sistemas de gestión del estiércol están cubiertas en la sección referida a gestión del estiércol de este Volumen.

¹⁷ El nitrógeno de estos componentes sólo se incluye en el componente lixiviación/escurrimiento de la emisión indirecta de N₂O.

Figura 11.3 **Árbol de decisiones para las emisiones indirectas de N₂O de suelos gestionados**

Nota: Las fuentes de N incluyen: fertilizante de N sintético, aditivos de N orgánico, deposiciones de orina y estiércol, residuos agrícolas, mineralización/inmovilización de N relacionadas con la pérdida/ganancia de C del suelo en suelos minerales debido a cambios en el uso de la tierra o a prácticas de gestión (los residuos agrícolas y la mineralización/inmovilización de N sólo se contabilizan para las emisiones indirectas de N₂O producidas por lixiviación/escorrentía). Se pueden incluir los barros de aguas servidas y otros aditivos de N orgánico si se dispone de suficiente información.

2: Véase el Volumen 1, Capítulo 4, «Opción metodológica e identificación de categorías principales» (principalmente la sección 4.1.2 relativa a los recursos limitados) para el análisis de las *categorías principales* y el uso de los árboles de decisión.

3: Como regla general, una categoría subfuente será significativa si es la que produce un 25-30% de las emisiones de la categoría fuente.

Nivel 1**Volatilización, N₂O_(ATD)**

Las emisiones de N₂O por deposición atmosférica de N volatilizado de suelos gestionados se estiman aplicando la Ecuación 11.9:

ECUACIÓN 11.9
N₂O PRODUCIDO POR DEPOSICIÓN ATMOSFÉRICA DE N VOLATILIZADO DE SUELOS GESTIONADOS
(NIVEL 1)

$$N_2O_{(ATD)}-N = [(F_{SN} \cdot Frac_{GASF}) + ((F_{ON} + F_{PRP}) \cdot Frac_{GASM})] \cdot EF_4$$

Donde:

N₂O_(ATD)-N = cantidad anual de N₂O-N producida por deposición atmosférica de N volatilizado de suelos gestionados, kg N₂O-N año⁻¹

F_{SN} = cantidad anual de N de fertilizante sintético aplicado a los suelos, kg N año⁻¹

Frac_{GASF} = fracción de N de fertilizantes sintéticos que se volatiliza como NH₃ y NO_x, kg N volatilizado (kg de N aplicado)⁻¹ (Cuadro 11.3)

F_{ON} = cantidad anual de estiércol animal gestionado, *compost*, lodos cloacales y otros agregados de N orgánico aplicada a los suelos, kg N año⁻¹

F_{PRP} = cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada por animales de pastoreo en pasturas, prados y praderas, kg N año⁻¹

Frac_{GASM} = fracción de materiales fertilizantes de N orgánico (F_{ON}) y de N de orina y estiércol depositada por animales de pastoreo (F_{PRP}) que se volatiliza como NH₃ y NO_x, kg N volatilizado (kg de N aplicado o depositado)⁻¹ (Cuadro 11.3)

EF₄ = factor de emisión correspondiente a las emisiones de N₂O de la deposición atmosférica de N en los suelos y en las superficies del agua [kg N-N₂O (kg NH₃-N + NO_x-N volatilizado)⁻¹] (Cuadro 11.3)

La conversión de emisiones de N₂O_(ATD)-N en emisiones de N₂O a los efectos de la declaración se realiza empleando la siguiente ecuación:

$$N_2O_{(ATD)} = N_2O_{(ATD)}-N \cdot 44/28$$

Lixiviación/Escurrecimiento, N₂O_(L)

Las emisiones de N₂O por lixiviación y escurrimiento en regiones donde se producen estos fenómenos se estiman empleando la Ecuación 11.10:

ECUACIÓN 11.10
EMISIONES DE N₂O POR LIXIVIACIÓN/ESCURRIMIENTO DE N DE SUELOS GESTIONADOS EN REGIONES
DONDE SE PRODUCEN ESTOS FENÓMENOS (NIVEL 1)

$$N_2O_{(L)}-N = (F_{SN} + F_{ON} + F_{PRP} + F_{CR} + F_{SOM}) \cdot Frac_{LIXIVIACIÓN-(H)} \cdot EF_5$$

Donde:

N₂O_(L)-N = cantidad anual de N₂O-N producida por lixiviación y escurrimiento de agregados de N a suelos gestionados en regiones donde se producen estos fenómenos, kg N₂O-N año⁻¹

F_{SN} = cantidad anual de N de fertilizantes sintéticos aplicada a los suelos en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N año⁻¹

F_{ON} = cantidad anual de estiércol animal gestionado, *compost*, lodos cloacales y otros agregados de N orgánico aplicada a los suelos en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N año⁻¹

F_{PRP} = cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada por los animales en pastoreo en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N año⁻¹ (de la Ecuación 11.5)

F_{CR} = cantidad de N en los residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluyendo los cultivos fijadores de N y de la renovación de forraje/pastura, devuelta a los suelos anualmente en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N año⁻¹

F_{SOM} = cantidad anual de N mineralizado en suelos minerales relacionada con la pérdida de C del suelo de la materia orgánica del suelo, como resultado de cambios en el uso o la gestión de la tierra en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N año⁻¹ (de la Ecuación 11.8)

$\text{Frac}_{\text{LIXIVIACIÓN-(H)}} =$ fracción de todo el N agregado a/mineralizado en suelos gestionados en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N (kg de agregados de N)⁻¹ (Cuadro 11.3)

$\text{EF}_5 =$ factor de emisión para emisiones de N₂O por lixiviación y escurrimiento de N, kg N₂O–N (kg N por lixiviación y escurrido)⁻¹ (Cuadro 11.3)

Nota: Si un país tiene la capacidad de estimar la cantidad de N mineralizado a partir de suelos orgánicos, debe incluir esa cantidad como aporte adicional en la Ecuación 11.10.

La conversión de emisiones de N₂O_(L)–N en emisiones de N₂O a los efectos de la declaración se realiza empleando la siguiente ecuación:

$$\text{N}_2\text{O}_{(L)} = \text{N}_2\text{O}_{(L)}\text{--N} \bullet 44/28$$

Nivel 2

Si un país dado dispone de factores de emisión, volatilización o lixiviación más detallados que los que se presentan en la Ecuación 11.3, puede llevarse a cabo una mayor desagregación de los términos de la ecuación. Por ejemplo, si se dispone de los factores de volatilización específicos para la aplicación de fertilizantes sintéticos (F_{SN}) en diferentes condiciones i , la Ecuación 11.9 se ampliaría para convertirse en ¹⁸:

ECUACIÓN 11.11 N₂O PRODUCIDO POR DEPOSICIÓN ATMOSFÉRICA DE N VOLATILIZADO DE SUELOS GESTIONADOS (NIVEL 2) $\text{N}_2\text{O}_{(\text{ATD})}\text{--N} = \left\{ \sum_i \left(\text{F}_{\text{SN}_i} \bullet \text{Frac}_{\text{GASF}_i} \right) + \left[(\text{F}_{\text{ON}} + \text{F}_{\text{PRP}}) \bullet \text{Frac}_{\text{GASM}} \right] \right\} \bullet \text{EF}_4$

Donde:

$\text{N}_2\text{O}_{(\text{ATD})}\text{--N} =$ cantidad anual de N₂O–N producida por deposición atmosférica de N volatilizado de suelos gestionados, kg N₂O–N año⁻¹

$\text{F}_{\text{SN}} =$ cantidad anual de N de fertilizante sintético aplicada a los suelos en diferentes condiciones i , kg N año⁻¹

$\text{Frac}_{\text{GASF}_i} =$ fracción de N de fertilizantes sintéticos que se volatiliza como NH₃ y NO_x en diferentes condiciones i , kg N volatilizado (kg de N aplicado)⁻¹

$\text{F}_{\text{ON}} =$ cantidad anual de estiércol animal gestionado, *compost*, lodos cloacales y otros agregados de N orgánico aplicada a los suelos, kg N año⁻¹

$\text{F}_{\text{PRP}} =$ cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada por animales de pastoreo en pasturas, prados y praderas, kg N año⁻¹

$\text{Frac}_{\text{GASM}} =$ fracción de materiales fertilizantes de N orgánico (F_{ON}) y de N de orina y estiércol depositada por animales de pastoreo (F_{PRP}) que se volatiliza como NH₃ y NO_x, kg N volatilizado (kg de N aplicado o depositado)⁻¹ (Cuadro 11.3)

$\text{EF}_4 =$ factor de emisión correspondiente a las emisiones de N₂O de la deposición atmosférica de N en los suelos y en las superficies del agua [kg N–N₂O (kg NH₃–N + NO_x–N volatilizado)⁻¹] (Cuadro 11.3)

Nota: Si un país tiene la capacidad de estimar la cantidad de N mineralizado a partir del drenaje o de la gestión de suelos orgánicos, debe incluir esa cantidad como uno de los aportes de N en la modificación de Nivel 2 de la Ecuación 11.10.

La conversión de emisiones de N₂O_(ATD)–N en emisiones de N₂O_(ATD) a los efectos de la declaración se realiza empleando la siguiente ecuación:

$$\text{N}_2\text{O}_{(\text{ATD})} = \text{N}_2\text{O}_{(\text{ATD})}\text{--N} \bullet 44/28$$

¹⁸ Por ejemplo, si se dispone de los factores de volatilización para la aplicación de fertilizantes sintéticos (F_{SN}) bajo diferentes condiciones i , la Ecuación 11.9 se ampliaría para convertirse en 18: La eventual forma de la Ecuación 11.11 depende de la disponibilidad de fracciones de subdivisión y/o de factores de emisión de usos de la tierra y/o condiciones específicas de subdivisión, así como del grado en el cual un país puede desagregar sus datos de la actividad.

Nivel 3

Los métodos de Nivel 3 son métodos de modelización o de medición. Los modelos son útiles porque permiten relacionar las variables responsables de las emisiones con el tamaño de esas emisiones. Entonces, estas relaciones pueden utilizarse para predecir emisiones de países enteros o regiones para los cuales las mediciones experimentales resultan impracticables. Para mayor información, véase el Capítulo 2, Sección 21.5, donde se proporciona orientación que brinda una base científica sólida para el desarrollo de un sistema de contabilidad de Nivel 3 basado en modelos.

11.2.2.2 ELECCIÓN DE FACTORES DE EMISIÓN, VOLATILIZACIÓN Y LIXIVIACIÓN

El método para estimar las emisiones indirectas de N_2O incluye dos factores de emisión: uno relacionado con N volatilizado y re-depositado (EF_4) y otro relacionado con el N que se pierde por lixiviación/escorrimento (EF_5). Asimismo, el método requiere valores para las fracciones de N que se pierden por volatilización ($\text{Frac}_{\text{GASF}}$ and $\text{Frac}_{\text{GASM}}$) o lixiviación/escorrimento ($\text{Frac}_{\text{LIXIVIACIÓN-(H)}}$). Los valores por defecto de todos estos factores se presentan en el Cuadro 11.3.

Nótese que en el método de Nivel 1, para regiones húmedas o en regiones de tierras secas, donde se emplea irrigación (que no es por goteo), el $\text{Frac}_{\text{LIXIVIACIÓN-(H)}}$ por defecto es 0,30. Para regiones de tierras secas, donde las precipitaciones son menores que la evapotranspiración durante la mayor parte del año y es poco factible que se produzca lixiviación, el $\text{Frac}_{\text{LIXIVIACIÓN}}$ es cero. El método para calcular si debe aplicarse el $\text{Frac}_{\text{LIXIVIACIÓN-(H)}} = 0,30$ se proporciona en el Cuadro 11.3.

Los valores específicos del país para EF_4 deben utilizarse con mucha precaución dada la especial complejidad del transporte atmosférico transfronterizo. Aunque los compiladores del inventario pueden contar con mediciones específicas de la deposición de N y del respectivo flujo de N_2O , en muchos casos el N depositado puede no haberse originado en el país. De manera similar, parte del N que se volatiliza en el país puede que sea transportado y depositado en otro país, donde puede que prevalezcan condiciones diferentes que afecten la fracción emitida como N_2O . Por estas razones, el valor de EF_4 es muy difícil de determinar y el método que se presenta en el Volumen 1, Capítulo 7, Sección 7.3 le atribuye todas las emisiones indirectas de N_2O producidas por aportes a los suelos gestionados al país de origen del NO_x y NH_3 atmosféricos y no al país al que puede haber sido transportado el N atmosférico.

11.2.2.3 ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

A fin de estimar las emisiones indirectas de N_2O de los diferentes agregados de N a los suelos gestionados, es necesario estimar los parámetros F_{SN} , F_{ON} , F_{PRP} , F_{CR} y F_{SOM} .

Fertilizante sintético aplicado (F_{SN})

El término F_{SN} se refiere a la cantidad anual de N de fertilizante sintético aplicado a los suelos. Véase la sección sobre datos de la actividad respecto a las emisiones directas de N_2O de suelos gestionados (Sección 11.2.1.3) y obténgase el valor de F_{SN} .

Fertilizantes de N orgánico aplicados (F_{ON})

El término F_{ON} se refiere a la cantidad de fertilizantes de N orgánico que se aplica internacionalmente a los suelos. Véase la sección sobre datos de la actividad respecto a las emisiones directas de N_2O de suelos gestionados (Sección 11.2.1.3) y obténgase el valor de F_{ON} .

Orina y estiércol de animales de pastoreo (F_{PRP})

El término F_{PRP} se refiere a la cantidad de N depositado en el suelo por animales de pastoreo en pasturas, prados y praderas. Véase la sección sobre datos de la actividad respecto a las emisiones directas de N_2O de suelos gestionados (Sección 11.2.1.3) y obténgase el valor de F_{PRP} .

N de residuos agrícolas, incluyendo el N de cultivos fijadores de N y renovación de forraje/pasturas, devuelto a los suelos (F_{CR})

El término F_{CR} se refiere a la cantidad de N contenida en los residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluyendo cultivos fijadores de N, que se devuelve a los suelos anualmente. También incluye el N de forrajes fijadores y no fijadores de N que se mineraliza durante la renovación del forraje o las pasturas. Véase la sección sobre datos de la actividad respecto a las emisiones directas de N_2O de suelos gestionados (Sección 11.2.1.3) y obténgase el valor de F_{CR} .

N mineralizado resultante de la pérdida de existencias de C orgánico del suelo en suelos minerales (F_{SOM})

El término F_{SOM} se refiere a la cantidad de N mineralizado de la pérdida de C orgánico del suelo en suelos minerales por cambios en el uso de la tierra o prácticas de gestión. Véase la sección sobre datos de la actividad respecto a las emisiones directas de N_2O de suelos gestionados (Sección 11.2.1.3) y obténgase el valor de F_{SOM} .

CUADRO 11.3 FACTORES DE EMISIÓN, VOLATILIZACIÓN Y LIXIVIACIÓN POR DEFECTO PARA EMISIONES INDIRECTAS DE N₂O DEL SUELO		
Factor	Valor por defecto	Rango de incertidumbre
EF ₄ [volatilización y re-deposición de N], kg N ₂ O–N (kg NH ₃ –N + NO _x –N volatilizado) ^{-1 19}	0,010	0,002 - 0,05
EF ₅ [lixiviación/escorrimento], kg N ₂ O–N (kg N lixiviación/escorrimento) ^{-1 20}	0,0075	0,0005 - 0,025
Frac _{GASF} [Volatilización de fertilizante sintético], (kg NH ₃ –N + NO _x –N) (kg N aplicado) ⁻¹	0,10	0,03 - 0,3
Frac _{GASM} [Volatilización de todos los fertilizantes de N orgánicos aplicados, y de estiércol y orina depositados por animales en pastoreo], (kg NH ₃ –N + NO _x –N) (kg N aplicado o depositado) ⁻¹	0,20	0,05 - 0,5
Frac _{LIXIVIACIÓN-(H)} [pérdidas de N por lixiviación/escorrimento en regiones donde Σ(luvia en la estación lluviosa) - Σ (EP en el mismo período) > capacidad de retención del agua del suelo, O donde se emplea irrigación (excepto por goteo)], kg N (kg N agregado o por deposición de animales en pastoreo) ⁻¹	0,30	0,1 - 0,8
Nota: El término Frac_{LIXIVIACIÓN} usado precedentemente se ha modificado de manera que, ahora, sólo se aplique a regiones donde se excede la capacidad de retención de agua del suelo debido a precipitaciones y/o a irrigación (excepto por goteo), y a lixiviación/escorrimento, cambiándose su designación a Frac_{LIXIVIACIÓN-(H)}. En la referida definición de Frac_{LIXIVIACIÓN-(H)}, EP significa evaporación potencial, y la(s) estación(es) lluviosa(s) pueden considerarse como aquellas en las que las precipitaciones > 0,5 * evaporación en tina. (Las explicaciones de evaporación potencial y en tina pueden encontrarse en textos estándar de meteorología y agricultura). Para las demás regiones el valor por defecto de Frac_{LIXIVIACIÓN} se considera cero.		

11.2.2.4 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Las incertidumbres en las estimaciones de emisiones indirectas de N₂O de suelos gestionados están provocadas por incertidumbres relacionadas con la variabilidad natural y con los factores de emisión volatilización y lixiviación (véase el Cuadro 11.3 para conocer rangos de incertidumbre), los datos de la actividad, y la falta de mediciones. Se incorporará más incertidumbre en un inventario cuando se usen valores de estos factores que no sean representativos de todas las condiciones del país. En general, la fiabilidad de los datos de la actividad será mayor que la de los factores de emisión,

¹⁹ El rango de incertidumbre se ha ampliado, vistos los resultados que demuestran que las emisiones de ciertos ambientes, particularmente de bosques deciduos que reciben altas tasas de deposición de N de la atmósfera, son sustancialmente más altas que las declaradas previamente (p. ej., Butterbach-Bahl *et al.*, 1997; Brumme *et al.*, 1999; Denier van der Gon y Bleeker, 2005)., mientras que también hay pruebas claras de que los EF pueden ser muy bajos (<< 0.01) en ambientes con baja deposición (p. ej., Corre *et al.*, 1999). Se ha mantenido el valor medio de 0,01 porque coincide con el FE revisado para emisión directa de tierras gestionadas (véase el Cuadro 11.1 precedente) y se reconoce que, de hecho, en muchos países, una fracción sustancial de las emisiones directas se origina en tierras gestionadas.

²⁰ El valor total del factor de emisión para N lixiviado (EF₅) se ha cambiado de 0,025 a 0,0075 kg N₂O–N/kg N lixiviado/ en aguas de escurrimiento. Este factor de emisión incluye tres componentes: EF_{5g}, EF_{5r} y EF_{5se}, que son los factores de emisión para aguas subterráneas y de drenaje superficial, ríos y estuarios, respectivamente. Resultados obtenidos recientemente señalan que el factor de emisión utilizado previamente para aguas subterráneas y drenaje superficial (0,015) era demasiado alto y debía reducirse a 0,0025 kg N₂O–N/kg N mineral (principalmente nitrato) lixiviado (Hiscock *et al.*, 2002, 2003; Reay *et al.*, 2004, 2005; Sawamoto *et al.*, 2005). El factor de emisión para ríos también se ha reducido de 0,0075 kg N₂O–N/kg N al mismo valor, 0,0025 kg N₂O–N/kg N en el agua. Esto se ha hecho reconociendo que, aunque, por ejemplo, Dong *et al.*, (2004) y Clough *et al.*, (2006), han declarado valores medios aun menores (del orden de 0,0003 a 0,0005) en cuanto a sistemas fluviales relativamente cortos, sigue existiendo la posibilidad de que, en sistemas fluviales más largos, se den valores más altos que los obtenidos por estos autores. El valor para estuarios se mantiene en 0,0025 kg N₂O–N/kg N.

volatilización y lixiviación. Como sucede con las emisiones directas, puede provocarse mayor incertidumbre si falta información sobre la observancia de las leyes y reglamentaciones relacionadas con el manejo y la aplicación de fertilizantes y estiércol, y con los cambios en las prácticas de gestión agrícola. Por lo general, resulta difícil obtener información sobre la real observancia de las leyes y sobre las posibles reducciones de la emisión logradas, así como sobre las prácticas agrícolas. No obstante, es factible que las incertidumbres de los factores de emisión sean las dominantes y en las tabulaciones presentadas precedentemente se indican los rangos de incertidumbre. Para obtener orientación más detallada sobre la evaluación de la incertidumbre véase el Volumen 1, Capítulo 3.

11.2.3 Exhaustividad, series temporales, GC/CC

EXHAUSTIVIDAD

Una cobertura completa de las emisiones directas e indirectas de N₂O de los suelos gestionados requiere la estimación de emisiones de todos los aportes y las actividades antropogénicas (F_{SN} , F_{ON} , F_{CR} , F_{PRP} , F_{SOM} and F_{OS}), si se producen. La experiencia ha demostrado que es factible que ninguna de estas subcategorías falte en los inventarios, aunque los países pueden tener dificultades para obtener estadísticas exactas de todas las subcategorías, particularmente en cuanto a los residuos agrícolas (por tipo de cultivo) que habitualmente se devuelven a los suelos, y a la superficie de suelos orgánicos drenada/gestionada.

Actualmente, el método del IPCC no se ocupa explícitamente de actividades como el uso de cubiertas de plástico o sistemas de invernaderos hidropónicos que pueden repercutir sobre las emisiones de N₂O. Estas actividades adicionales pueden tenerse en cuenta si corresponde y si se recaban datos nacionales de estas actividades. Algunas de estas actividades pueden incluirse fácilmente en los inventarios nacionales sobre la base de la información disponible. En cuanto a los fertilizantes orgánicos comerciales y no comerciales adicionales, puede utilizarse el factor de emisión por defecto para N aplicado. Se va a requerir una investigación adicional para desarrollar los datos de flujo necesarios para desarrollar los factores de emisión a utilizar respecto al uso de cubiertas de plástico y sistemas hidropónicos en zonas hortícolas.

DESARROLLO DE UNA SERIE TEMPORAL COHERENTE

Lo ideal es que se emplee el mismo método para la totalidad de la serie temporal. Sin embargo, es factible que el grado de detalle y de desagregación de las estimaciones de emisiones de esta categoría de fuente mejore a través del tiempo. En los casos en los que falte parte de la información histórica, puede resultar necesario derivar datos empleando otras referencias o conjuntos de datos. Por ejemplo, puede ser necesario derivar los datos de superficies de suelos orgánicos drenados/gestionados mediante interpolación a partir de series temporales más prolongadas sobre la base de tendencias de largo plazo (p. ej., estadísticas por décadas durante un período de 20 o 30 años). Las estimaciones de las cantidades de residuos agrícolas incorporadas anualmente también pueden requerir que se las derive sobre la base del dictamen de expertos.

No es de esperar que se produzcan cambios interanuales en $Frac_{GASF}$, $Frac_{GASM}$, $Frac_{LIXIVIACIÓN}$, EF_4 y EF_5 , a menos que se tomen medidas de mitigación. Estos factores sólo deben cambiarse si se cuenta con la justificación y la documentación apropiadas. Si, a través de futuros trabajos de investigación, se pasa a disponer de valores por defecto actualizados para cualquiera de estas variables, los organismos a cargo del inventario pueden recalcular sus emisiones históricas.

Es importante que los métodos utilizados reflejen los resultados de las medidas tomadas para reducir las emisiones, y que se documenten los métodos y los resultados minuciosamente. Si se aplican medidas tácticas de manera que los datos de la actividad se vean afectados directamente (p. ej., mayor eficiencia en el uso de fertilizantes que produzcan una reducción en su consumo), el efecto de esas medidas sobre las emisiones será transparente, suponiendo que los datos de la actividad se documentan cuidadosamente. En los casos en los que las medidas tácticas tengan un efecto indirecto sobre los datos de la actividad o los factores de emisión (p. ej., un cambio en las prácticas de alimentación de la población animal para mejorar la productividad animal que traiga aparejado un cambio en la excreción de N por cabeza), los datos aportados al inventario deben reflejar estos efectos. El texto del inventario debe explicar minuciosamente el efecto de las tácticas sobre los datos aportados.

GARANTÍA DE CALIDAD / CONTROL DE CALIDAD (GC/CC) DEL INVENTARIO

Las personas a cargo del inventario deben realizar verificaciones de Nivel 1 de las estimaciones de emisión, seguidas de la revisión experta de personas ajenas al proceso de preparación del inventario. También pueden ser de aplicación verificaciones de control de calidad y procedimientos de garantía de calidad de Nivel 2, en particular si, para determinar las emisiones directas e indirectas de N₂O de esta categoría fuente, se utilizan métodos de niveles superiores. La GC y el CC en general relacionados con el procesamiento de datos, su manejo y la declaración deben complementarse con los procedimientos de categorías específicas de fuente que se analizan a continuación. Las personas que recaban los datos son las responsables de revisar los métodos de recolección de datos, de verificar los datos para asegurarse de que se los recoge y se los agrega o desagrega correctamente, y de realizar una verificación cruzada de los datos con los de años anteriores para garantizar que los datos sean razonables. Las bases para las estimaciones, ya sean sondeos estadísticos o

«estimaciones de escritorio», deben revisarse y describirse como parte del proceso de CC. La documentación es un componente crucial del proceso del proceso de revisión, ya que permite a los revisores identificar errores y sugerir mejoras.

Revisión de los factores de emisión

El compilador del inventario debe revisar los factores de emisión por defecto y documentar las razones por las cuales se seleccionan valores específicos.

Si se utilizan factores de emisión específicos del país, el compilador del inventario debe compararlos con los factores de emisión por defecto del IPCC. Además, si hay acceso a ellos, comparar los factores de emisión específicos del país con los usados por otros países en circunstancias similares. Debe explicarse y documentarse toda diferencia entre los factores específicos del país y los factores por defecto o los de otro país.

Revisión de eventuales mediciones directas

Si se emplean factores basados en mediciones directas, el compilador del inventario debe revisar las mediciones para garantizar que sean representativas de la verdadera gama de condiciones ambientales y de gestión del suelo, y de la variabilidad climática interanual, y que se desarrollaron sobre la base de normas reconocidas (IAEA, 1992).

También debe revisarse el protocolo de GC/CC que se aplica en los sitios y las estimaciones resultantes deben compararse entre sitios y con estimaciones basadas en datos por defecto.

Verificación de los datos de la actividad

El compilador del inventario debe comparar los datos específicos del país sobre consumo de fertilizantes sintéticos con los datos de uso de fertilizantes de la IFA y con las estimaciones del consumo de fertilizantes sintéticos de la FAO.

Debe garantizar que los datos de excreción de N sean coherentes con los empleados para la categoría de fuente de sistemas de gestión del estiércol.

Las estadísticas nacionales de producción agrícola deben compararse con las de la FAO.

El compilador debe garantizar que se han completado los procesos de GC/CC para la caracterización del ganado, dado que los datos se comparten con la sección ganado.

Los valores específicos del país para diversos parámetros deben compararse con los valores por defecto del IPCC y debe explicarse toda diferencia significativa.

Revisión externa

El compilador del inventario debe llevar a cabo una revisión por expertos (pares) cuando adopte o revise el método por primera vez. Dada la complejidad y la exclusividad de los parámetros empleados para calcular los factores específicos de un país para estas categorías, deben participar en esas revisiones especialistas en la materia.

GENERACIÓN DE INFORMES Y DOCUMENTACIÓN

Emisiones directas e indirectas de N₂O

Documentar y archivar toda la información requerida para producir las estimaciones del inventario de emisiones nacionales. Las emisiones directas e indirectas de N₂O de suelos gestionados se declaran en forma agregada o desagregados por categoría de uso del suelo u otras subcategorías (p. ej., arrozales) bajo la categoría «AFOLU» del IPCC. La declaración debe realizarse con el mismo nivel de desagregación que se utilizara cuando se calcularon las emisiones. Además de completar los formatos de la declaración, se requiere la siguiente información adicional para documentar la estimación:

Datos de la actividad: las fuentes de todos los datos de la actividad usados en los cálculos (p. ej., citas completas de las bases de datos estadísticos de las que se recabaron los datos) y en los casos en que los datos de la actividad no estuvieran disponibles directamente de las bases de datos, la información y las hipótesis que se usaron para derivar los datos de la actividad. Esta documentación debe incluir la frecuencia de la recolección y estimación de datos, y estimaciones de exactitud y precisión.

Factores de emisión: las fuentes de los factores de emisión que se utilizaron (valores específicos por defecto del IPCC u otros). En los inventarios en los que se emplearon factores de emisión específicos del país o de la región, o en los que se aplicaron métodos nuevos (que no sean los métodos por defecto del IPCC), se deben describir y documentar en su totalidad las bases científicas de tales factores de emisión y métodos. Esto incluye definir los parámetros de ingreso y describir el proceso mediante el cual se derivaron estos factores de emisión y métodos, así como describir las fuentes y las magnitudes de las incertidumbres.

Resultados de las emisiones: debe explicarse toda fluctuación significativa de las emisiones entre años. Debe hacerse una distinción entre los cambios en los niveles de actividad y los cambios en los factores de emisión, volatilización y lixiviación de año a año, y se documentarán las razones de tales cambios. Si se emplean diferentes factores para los distintos años, se explicarán y se documentarán las razones de tal proceder.

11.3 EMISIONES DE CO₂ POR ENCALADO

El encalado se emplea para reducir la acidez del suelo y mejorar el crecimiento de los cultivos en sistemas gestionados, en particular en tierras agrícolas y bosques gestionados. El agregado de carbonatos a los suelos, en forma de cal (p. ej., piedra caliza cálcica (CaCO₃) o dolomita (CaMg(CO₃)₂)) conduce a emisiones de CO₂, ya que las sales se disuelven y liberan bicarbonato (2HCO₃⁻), que se convierte en CO₂ y agua (H₂O).

Los inventarios pueden desarrollarse empleando métodos de Niveles 1, 2 o 3; cada uno de los sucesivos Niveles requiere más detalles y recursos que el anterior. Es una *buen práctica* que los países utilicen niveles superiores si las emisiones de CO₂ por encalado constituyen una categoría de fuente principal.

11.3.1 Elección del método

En la Figura 11.4 se suministra un árbol de decisiones para ayudar a los compiladores del inventario con la selección del nivel adecuado.

Nivel 1

Las emisiones de CO₂ por el agregado de cal a los suelos pueden estimarse aplicando la Ecuación 11.12:

ECUACIÓN 11.12

EMISIONES ANUALES DE CO₂ POR APLICACIÓN DE CAL

$$\text{Emisión CO}_2\text{-C} = (M_{\text{Caliza}} \cdot EF_{\text{Caliza}}) + (M_{\text{Dolomita}} \cdot EF_{\text{Dolomita}})$$

Donde:

Emisión de CO₂-C = emisiones anuales de C por aplicación de cal, ton C año⁻¹

M = cantidad anual de piedra caliza cálcica (CaCO₃) o dolomita (CaMg(CO₃)₂), ton año⁻¹

FE = factor de emisión, ton de C (ton de piedra caliza o dolomita)⁻¹

Pasos del procedimiento para efectuar los cálculos

Los pasos para estimar las emisiones de CO₂-C por encalado son:

Paso 1: estimar la cantidad total (M) de carbonato con contenido de cal que se aplica anualmente a los suelos en el país, diferenciando entre piedra caliza y dolomita (Nota: M debe incluir toda la cal aplicada a los suelos, incluso la proporción aplicada en mezclas con fertilizantes). Nótese que, aunque la cal constituya el material de encalado dominante utilizado en sistemas gestionados, hay óxidos (p. ej., CaO) e hidróxidos de cal que se emplean de manera limitada para encalado de suelos. Estos materiales no contienen carbono inorgánico y no se incluyen en los cálculos para estimar las emisiones de CO₂ por aplicación a suelos (se produce CO₂ en su fabricación, pero no después de su aplicación en los suelos).

Paso 2: aplicar un factor de emisión (FE) en general de 0,12 para piedra caliza y de 0,13 para dolomita. Éstos equivalen a los contenidos de carbono de los carbonatos de los materiales (12% para CaCO₃, 13% para CaMg(CO₃)₂)). La incertidumbre es de -50% en base a aproximaciones que sugieren que las emisiones pueden significar menos de la mitad del valor máximo, que es el actual valor del factor (West y McBride, 2005) (Nota: las incertidumbres no pueden superar los factores de emisión porque estos valores representan las emisiones máximas absolutas asociadas al encalado).

Paso 3: multiplicar las cantidades totales de piedra caliza y dolomita por sus respectivos factores de emisión, y sumar ambos valores para obtener la emisión total de CO₂-C.

Multiplicar por 44/12 para convertir las emisiones de CO₂-C en CO₂.

Nivel 2

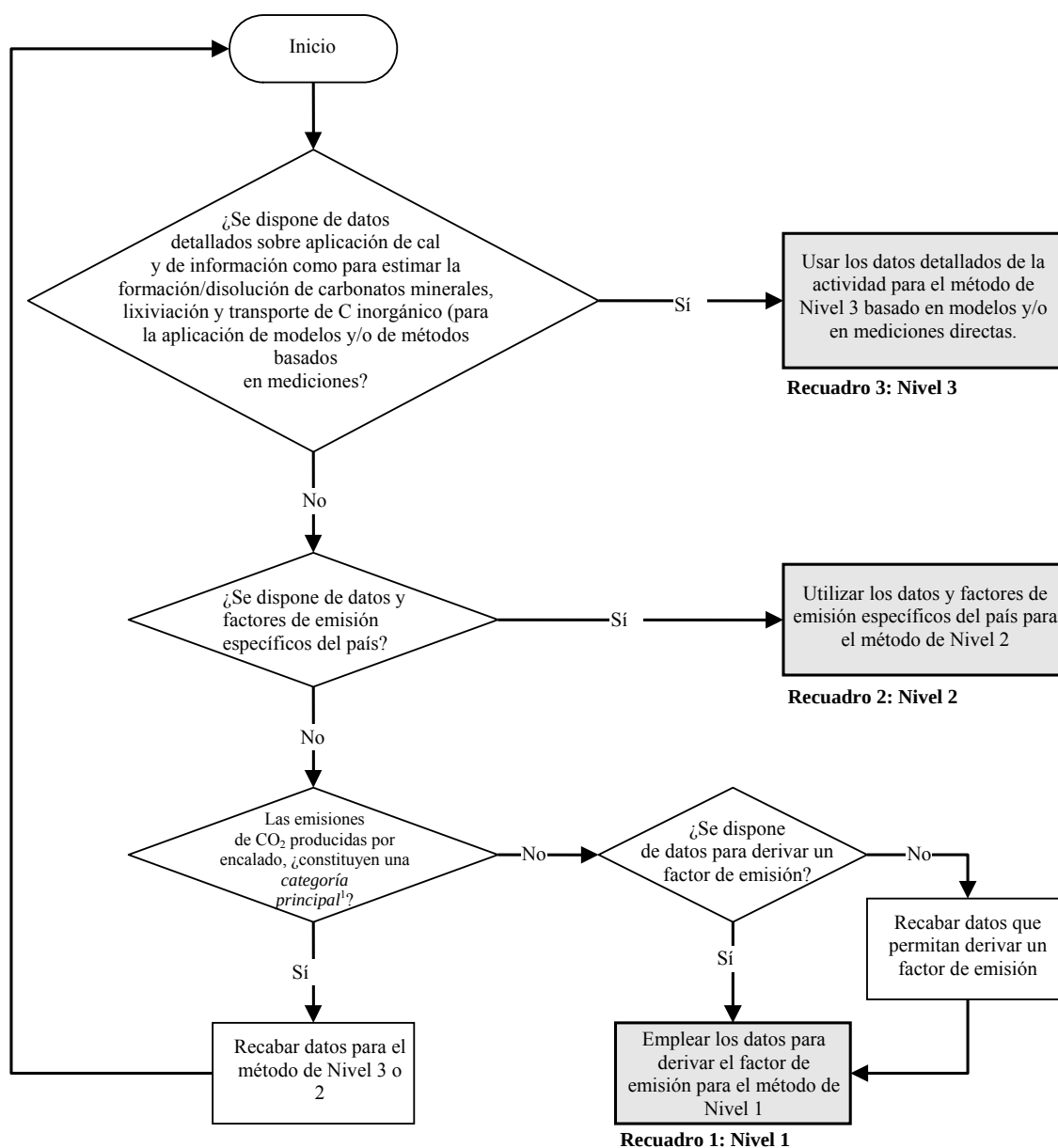
Para los inventarios de Nivel 2 se usan también la Ecuación 11.12 y los pasos de procedimiento que se suministraron en el método de Nivel 1, aunque se incorporan datos específicos del país para derivar los factores de emisión (FE).

En general, es de esperar que las emisiones de CO₂ del encalado sean menores que si se usa el enfoque de Nivel 1, lo que supone que todo el C de la cal aplicada se emite como CO₂ en el año de aplicación. Sin embargo, es factible que las emisiones sean menos que las supuestas empleando el método de Nivel 1 porque la cantidad de CO₂ emitida después del encalado depende de influencias específicas del sitio y del transporte de C inorgánico disuelto a través de ríos y lagos al océano. Podrían usarse factores de emisión de Nivel 2 para lograr una mejor aproximación a las emisiones.

Nivel 3

En los métodos de Nivel 3 se emplean modelos o procedimientos de medición más sofisticados y los pasos del procedimiento dependen del sistema de estimación específico del país. Es factible que ese análisis requiera la modelización de flujos de carbono relacionados con la formación y disolución minerales primarias y secundarias del carbonato en los suelos, así como con la lixiviación y el transporte de C inorgánico disuelto. Nótese que los incrementos en C inorgánico del suelo o disuelto que se atribuyen al encalado no constituyen una remoción neta de CO₂ de la atmósfera. Más bien, el C de carbonato del encalado que no se devuelve a la atmósfera se considera una reducción neta de las emisiones relacionadas con esta práctica. Véase la sección de Nivel 3 referida a C inorgánico del suelo del Capítulo 2 para un análisis adicional (Sección 2.3.3.1 sobre Cambio en las existencias de C en el suelo).

Figura 11.4 **Árbol de decisiones para la identificación del nivel apropiado para la estimación de las emisiones de CO₂ del encalado.**



Nota:

1: Véase el Volumen 1, Capítulo 4, «Opción metodológica e identificación de categorías principales» (principalmente la sección 4.1.2 relativa a los recursos limitados) para el análisis de las *categorías principales* y el uso de los árboles de decisión.

11.3.2 Elección de los factores de emisión

Nivel 1

Los factores de emisión (FE) por defecto son 0,12 para la piedra caliza y 0,13 para la dolomita.

Nivel 2

Derivar los factores de emisión empleando datos específicos del país podría implicar una diferenciación de fuentes con diversas composiciones de cal; los diferentes materiales carbonatados para encalado (piedra caliza y otras fuentes, tales como marga y conchales) pueden tener cierta variación en su contenido de C y en su pureza en general. Cada material tendría un factor de emisión específico basado en su contenido de C.

En los factores de emisión específicos del país también podría tenerse en cuenta la proporción de C de carbonato del encalado que se emite a la atmósfera como CO₂ (p. ej., West y McBride, 2005). El C inorgánico disuelto de los suelos puede formar minerales secundarios y precipitarse con el Ca o el Mg que se agrega durante el encalado. Más aun, puede que el Ca y el Mg transporten al C inorgánico disuelto (bicarbonato) a través del suelo a las aguas subterráneas profundas, a lagos y, finalmente, al océano (Robertson y Grace, 2004). En cualquier caso, la emisión neta de CO₂ a la atmósfera es menor que la cantidad original de C agregada como cal. Los factores de emisión específicos del país pueden derivarse si hay suficientes datos y si se comprenden cuáles son las transformaciones del carbono inorgánico, además de conocerse el transporte acuoso de Ca, Mg y C inorgánico. Es una *buena práctica* documentar la fuente de información y el método utilizado para derivar valores específicos del país en el proceso de la declaración.

Nivel 3

Los métodos de Nivel 3 se basan en la estimación de las emisiones variables año tras año, lo que depende de una diversidad de características específicas del sitio y de factores ambientales. No hay factores de emisión que se estimen directamente.

11.3.3 Elección de los datos de la actividad

Nivel 1

Lo óptimo sería que se dispusiera de estadísticas de uso de cal en el país para determinar la cantidad que se aplica anualmente a los suelos (M). Estos datos suministran la inferencia más directa sobre la aplicación. Alternativamente, pueden usarse los datos de las ventas anuales de cal para inferir la cantidad que se aplica a los suelos, bajo la hipótesis de que toda la cal que se vende a los agricultores, criadores, silvicultores, etc. se aplica durante ese año. También es posible obtener un valor aproximado de la aplicación de cal sobre la base de la disponibilidad de cal por año. La disponibilidad se calcula sobre la base del nuevo suministro para ese año (registros anuales de minería local y de importaciones), restándole las exportaciones y lo usado en procesos industriales. En este último método, se supone que toda la cal disponible se aplica en el año de que se trata.

Las estadísticas de uso pueden recabarse como parte de censos nacionales o de registros comerciales, mientras que los bancos y la industria de la cal deberían tener información sobre ventas y producción nacional. Habitualmente, las autoridades aduaneras u organizaciones gubernamentales similares llevan los registros de importación y exportación. Es una *buena práctica* promediar los datos registrados durante un período de tres años (el actual y los dos anteriores más recientes) si es que las emisiones no se calculan anualmente a los efectos de la declaración.

Nivel 2

Además de los datos de la actividad que se describen para el Nivel 1, en el Nivel 2 puede incorporarse información sobre la pureza de las cales, así como características del nivel del sitio e hidrológicas para estimar la proporción de C de carbonato de las aplicaciones de cal que se emite a la atmósfera.

Nivel 3

En inventarios de Nivel 3 basados en modelos y/o en mediciones directas, es factible que se necesiten datos de la actividad más detallados, en comparación con los métodos de Niveles 1 o 2, pero los requisitos exactos dependen del diseño del modelo o de la medición.

11.3.4 Evaluación de incertidumbre

Existen dos fuentes de incertidumbre en cuanto a las emisiones de CO₂ del encalado: 1) incertidumbres sobre la cantidad de cal aplicada a los suelos; y 2) incertidumbres en cuanto a la cantidad neta de C de carbonato de aplicaciones de encalado que se emite como CO₂. Las incertidumbres en los datos de la actividad dependen de la exactitud de las estadísticas de aplicación, de las ventas, de los registros de importaciones y exportaciones, de los registros de minería, y/o de los datos del uso. Estos últimos son los que tienen la menor incertidumbre porque los registros de ventas, importación/exportación y minería tienen incertidumbres adicionales debidas a la inferencia no directa respecto a la aplicación. Los compiladores del inventario pueden emplear un método conservador y suponer que toda la cal

disponible para aplicación o toda la cal que se compra se aplica a los suelos. Este método puede significar una sobreestimación o una subestimación de las emisiones en ciertos años, si la cantidad de cal disponible o comprada no se aplica durante un año en particular. En el largo plazo, este sesgo puede ser insignificante, no obstante, suponiendo que no hay almacenamiento de cal de largo plazo. Como alternativa, los compiladores del inventario pueden tener en cuenta las incertidumbres tanto de la cantidad de cal disponible para aplicación como de la cantidad que se aplica en un año de inventario en particular.

Las incertidumbres en cuanto a la cantidad del C agregada a los suelos por encalado que se emite como CO₂ dependen del Nivel. Empleando un método de Nivel 1, se supone que todo el C de la cal se emite como CO₂ a la atmósfera. Éste es un enfoque conservador y los factores de emisión por defecto se consideran valederos dada esta hipótesis. No obstante, en la práctica, es factible que parte del C de la cal quede retenida en el suelo como C inorgánico y no se emita como CO₂, por lo menos durante el año de la aplicación. En consecuencia, los factores de emisión por defecto pueden conducir a sesgos sistemáticos en las estimaciones de emisiones.

Por lo tanto, es una *buena práctica* desarrollar factores de emisión específicos del país o enfoques de estimación avanzados mediante métodos de Niveles 2 o 3, particularmente si el encalado es una fuente principal. Aunque es factible que los métodos de niveles superiores limiten el sesgo, puede haber incertidumbres adicionales relacionadas con estos métodos de las que habrá que ocuparse. Esas incertidumbres pueden surgir de datos insuficientes sobre las características, la hidrología y otras variables ambientales del sitio, lo que influye sobre el transporte y la conversión de C inorgánico en CO₂. También puede haber incertidumbres debidas a un conocimiento insuficiente sobre los procesos y/o la representatividad de los factores de emisión o de los sistemas avanzados de estimación en lo referido al destino del C agregado a los suelos en las cales.

11.3.5 Exhaustividad, series temporales, GC/CC

EXHAUSTIVIDAD

Nivel 1

Los inventarios de Nivel 1 están completos si las emisiones se calculan sobre la base de una total contabilización de toda la piedra caliza y la dolomita aplicadas a los suelos. Las estadísticas sobre uso de cal proveen la inferencia más directa sobre aplicaciones a los suelos. Sin embargo, los registros de ventas o los datos de minería combinados con los registros de importación/exportación y de procesamiento industrial suministran suficiente información para aproximar la cantidad de cal aplicada a los suelos. Si los datos actuales no son suficientes debido a registros incompletos, es una *buena práctica* recabar información adicional para futuras declaraciones de inventario, en particular si las emisiones de C por encalado constituyen una categoría principal.

Nivel 2

La exhaustividad de los inventarios de Nivel 2 depende de lo adecuado de los datos de la actividad (véase el Nivel 1), aunque también depende de los datos adicionales específicos del país que se utilicen para perfeccionar los factores de emisión. Esto puede incluir la disponibilidad de datos sobre la pureza de la cal y/o de los datos sobre nivel del sitio e hidrología, a fin de especificar mejor los factores de emisión relacionados con la cantidad de CO₂ que se libera por cantidad de C agregada a los suelos en forma de cal.

Nivel 3

Más allá de toda consideración respecto a los Niveles 1 y 2, la exhaustividad de los inventarios de Nivel 3 depende también de las necesidades de información y de la representatividad del diseño de medición y/o de los marcos de modelización. Los compiladores del inventario deben revisar su enfoque a fin de determinar si el sistema avanzado de estimación es el apropiado para evaluar la liberación neta de CO₂ de la cal aplicada a los suelos. Si se identifican brechas o limitaciones, es una *buena práctica* recabar datos adicionales de manera que, en el método de Nivel 3, se tenga en cuenta en su totalidad el destino de los carbonatos para encalado.

COHERENCIA DE LA SERIE TEMPORAL

Nivel 1

Deben aplicarse los mismos datos de la actividad y factores de emisión en toda la serie temporal en pro de la coherencia. En el Nivel 1, se usan factores de emisión por defecto, de manera que la coherencia no constituya un problema respecto a este componente. Sin embargo, la base de los datos de la actividad puede cambiar si se recaban nuevos datos, como sucede con un relevamiento estadístico con el que se compile información sobre aplicaciones en suelos a cambio de datos de la actividad más antiguos fundamentados estrictamente en registros de minería y de importación/exportación. Aunque es una *buena práctica* usar los mismos protocolos de datos y procedimientos durante toda la serie temporal, en algunos casos puede resultar imposible y los compiladores del inventario deben determinar la influencia del cambio de fuentes de datos sobre las tendencias. En el Volumen 1, Capítulo 5, se brinda orientación sobre cómo volver a hacer los cálculos en tales circunstancias.

Nivel 2

La coherencia de los registros de datos de la actividad durante la serie temporal es importante para los inventarios de Nivel 2 (véase el Nivel 1). Además, deben aplicarse también los nuevos factores que se desarrollan sobre la base de datos específicos del país durante toda la serie temporal. En casos raros en los que esto no es posible, los compiladores del inventario deben determinar la influencia del cambio de los factores de emisión sobre las tendencias; en el Volumen 1, Capítulo 5, se brinda orientación adicional sobre cómo volver a calcular bajo tales circunstancias.

Nivel 3

Al igual que en el Nivel 2, es una *buena práctica* aplicar el sistema de estimación específico del país a lo largo de toda la serie temporal. Los organismos a cargo del inventario deben emplear los mismos protocolos de medición (estrategia de muestreo, método, etc.) y/o el mismo modelo a lo largo de todo el período del inventario.

GARANTÍA DE CALIDAD Y CONTROL DE CALIDAD

Nivel 1

Es una *buena práctica* aplicar Garantía de calidad/Controles de calidad con revisión interna e independiente de los datos y los resultados del inventario, garantizando: 1) que los datos de la actividad se han procesado adecuadamente para estimar la aplicación a los suelos; 2) que los datos de la actividad se han transcrito adecuadamente en las hojas de trabajo o en el *software* del inventario; y 3) que los factores de emisión se han asignado como corresponde.

El compilador del inventario debe realizar revisiones internas, que pueden incluir una inspección visual así como funciones de programas integrados para verificar el ingreso de datos y los resultados. Las revisiones independientes deben estar a cargo de otros organismos, expertos o grupos que no estén comprometidos directamente con la compilación. En estas revisiones deben considerarse la validez del método de inventario, la rigurosidad de la documentación del inventario, la explicación de los métodos y la transparencia en general.

Nivel 2

Además de las medidas de Garantía de calidad/Control de calidad indicadas bajo el Nivel 1, el compilador del inventario debe revisar los factores de emisión específicos del país para los inventarios de Nivel 2. Si se emplean factores basados en mediciones directas, el compilador debe revisar las mediciones para garantizar que sean representativas de la verdadera gama de condiciones ambientales. Si hay acceso, es una *buena práctica* comparar los factores específicos del país con los factores de emisión del Nivel 2 usados por otros países con circunstancias similares, además de los valores por defecto del IPCC. Dada la complejidad de la transformación del C inorgánico, deben participar especialistas del sector en el proceso de revisión a fin de aportar una crítica independiente de los factores de emisión.

Nivel 3

Es factible que los sistemas de inventario específicos del país requieran medidas adicionales de Garantía de calidad/Control de calidad, pero esto dependerá de los sistemas que se desarrollen. Es una *buena práctica* desarrollar un protocolo de Garantía de calidad/Control de calidad específico para el sistema de avanzado de estimación del país, archivar los informes e incluir resultados resumidos en la documentación de la declaración.

GENERACIÓN DE INFORMES Y DOCUMENTACIÓN

Nivel 1

En el Nivel 1, los compiladores del inventario deben documentar las tendencias y las incertidumbres de las aplicaciones de cal a los suelos y relacionar esas pautas con las tendencias de emisión de CO₂. Debe explicarse toda fluctuación significativa en las emisiones anuales durante la serie temporal.

Es una *buena práctica* archivar las bases de datos reales, como registros de minería o estadísticas de uso de sondeos, y los procedimientos empleados para procesar los datos (p. ej., programas estadísticos). Las hojas de trabajo o el *software* del inventario que se usaron para estimar las emisiones deben archivararse junto con los archivos de entrada/salida que se hayan generado para producir los resultados.

En los casos en los que no se disponga directamente de datos de la actividad a partir de bases de datos o en que se hayan combinado múltiples conjuntos de datos, deben describirse la información, las hipótesis y los procedimientos empleados para derivar los datos de la actividad. Esta documentación debe incluir la frecuencia de la recolección y la estimación de datos, y la incertidumbre. El uso del conocimiento experto debe documentarse y la correspondencia debe archivararse.

Nivel 2

Además de las consideraciones para el Nivel 1, los compiladores del inventario deben documentar las bases que subyacen a los factores de emisión específicos del país y archivar las fuentes de metadata y de datos empleadas para estimar valores específicos del país. La documentación de declaración debe incluir los nuevos factores (es decir, medios e incertidumbres), y es una *buena práctica* incluir un análisis en la declaración de inventario respecto a las diferencias entre estos valores y los factores por defecto o específicos del país de regiones con circunstancias similares a las del país declarante.

Cuando se analicen las tendencias de las emisiones y absorciones, debe hacerse una distinción entre los cambios de niveles de actividad y los cambios de los métodos, incluyendo los factores de emisión, y deben documentarse las razones de tales cambios.

Nivel 3

Los inventarios de Nivel 3 exigen documentación respecto a los datos de la actividad y las tendencias de emisiones/absorciones similar a la de los métodos de nivel inferior, aunque debe incluirse documentación adicional para explicar las bases y el marco subyacentes de los sistemas de estimación específicos del país. Con los inventarios basados en mediciones, es una *buena práctica* documentar el diseño de muestreo, los procedimientos de laboratorio y las técnicas de análisis de datos. Los datos de las mediciones deben archivar, así como los resultados de los análisis de datos. En cuanto a los métodos de Nivel 3 en los que se utiliza modelización, es una *buena práctica* documentar la versión del modelo, proporcionar una descripción del modelo, así como archivar permanentemente copias de todos los archivos de ingreso al modelo, el código fuente y los programas ejecutables.

11.4 EMISIONES DE CO₂ DE FERTILIZACIÓN CON UREA

El agregado de urea a los suelos durante la fertilización conduce a una pérdida de CO₂ que se fija en el proceso de producción industrial. La urea (CO(NH₂)₂) se convierte en amonio (NH₄⁺), ión hidroxilo (OH⁻), y bicarbonato (HCO₃⁻) en presencia de agua y de enzimas de ureasa. De manera similar a la reacción del suelo cuando se le agrega cal, el bicarbonato que se forma se convierte en CO₂ y agua. Esta categoría de fuente se incluye porque la absorción de CO₂ de la atmósfera durante la fabricación de urea se estima en Sector de Procesos industriales y uso de productos (Sector IPPU).

Los inventarios pueden desarrollarse empleando métodos de Niveles 1, 2 o 3; cada uno de los sucesivos Niveles requiere más detalles y recursos que el anterior. Es una *buena práctica* que los países utilicen niveles superiores si las emisiones de CO₂ de la urea constituyen una categoría de fuente principal.

11.4.1 Elección del método

En la Figura 11.5 se suministra un árbol de decisiones para ayudar a los compiladores del inventario con la selección del nivel adecuado.

Nivel 1

Las emisiones de CO₂ por la fertilización con urea pueden estimarse mediante la Ecuación 11.13:

$$\text{ECUACIÓN 11.13} \\ \text{EMISIONES ANUALES DE CO}_2 \text{ POR APLICACIÓN DE UREA} \\ \text{CO}_2\text{-C Emisión} = M \bullet EF$$

Donde:

Emisión de CO₂-C = emisiones anuales de C por aplicación de urea, ton C año⁻¹

M = cantidad anual de fertilización con urea, ton urea año⁻¹

FE = factor de emisión, ton de C (ton de urea)⁻¹

Pasos del procedimiento para efectuar los cálculos

Los pasos para estimar las emisiones de CO₂-C por aplicaciones de urea son:

Paso 1: estimar la cantidad total de urea aplicada anualmente a un suelo del país (M).

Paso 2: aplicar un factor de emisión (FE) general de 0,20 para urea, que es equivalente al contenido de carbono de la urea sobre la base de su peso atómico (20% para CO(NH₂)₂). Puede aplicarse una incertidumbre de -50% (Nota: las incertidumbres no pueden superar los factores de emisión por defecto porque este valor representa las emisiones máximas absolutas asociadas a la fertilización con urea).

Paso 3: estimar la emisión total de CO₂-C sobre la base del producto entre la cantidad de urea aplicada y el factor de emisión.

Multiplicar por 44/12 para convertir las emisiones de CO₂-C en CO₂. A menudo, la urea se aplica combinada con otros fertilizantes nitrogenados, en particular en soluciones, y va a ser necesario estimar la proporción de urea contenida en la

solución de fertilizante para obtener M. Si se desconoce la proporción, se considera una *buena práctica* suponer que toda la solución es urea y no subestimar potencialmente las emisiones de esta subcategoría.

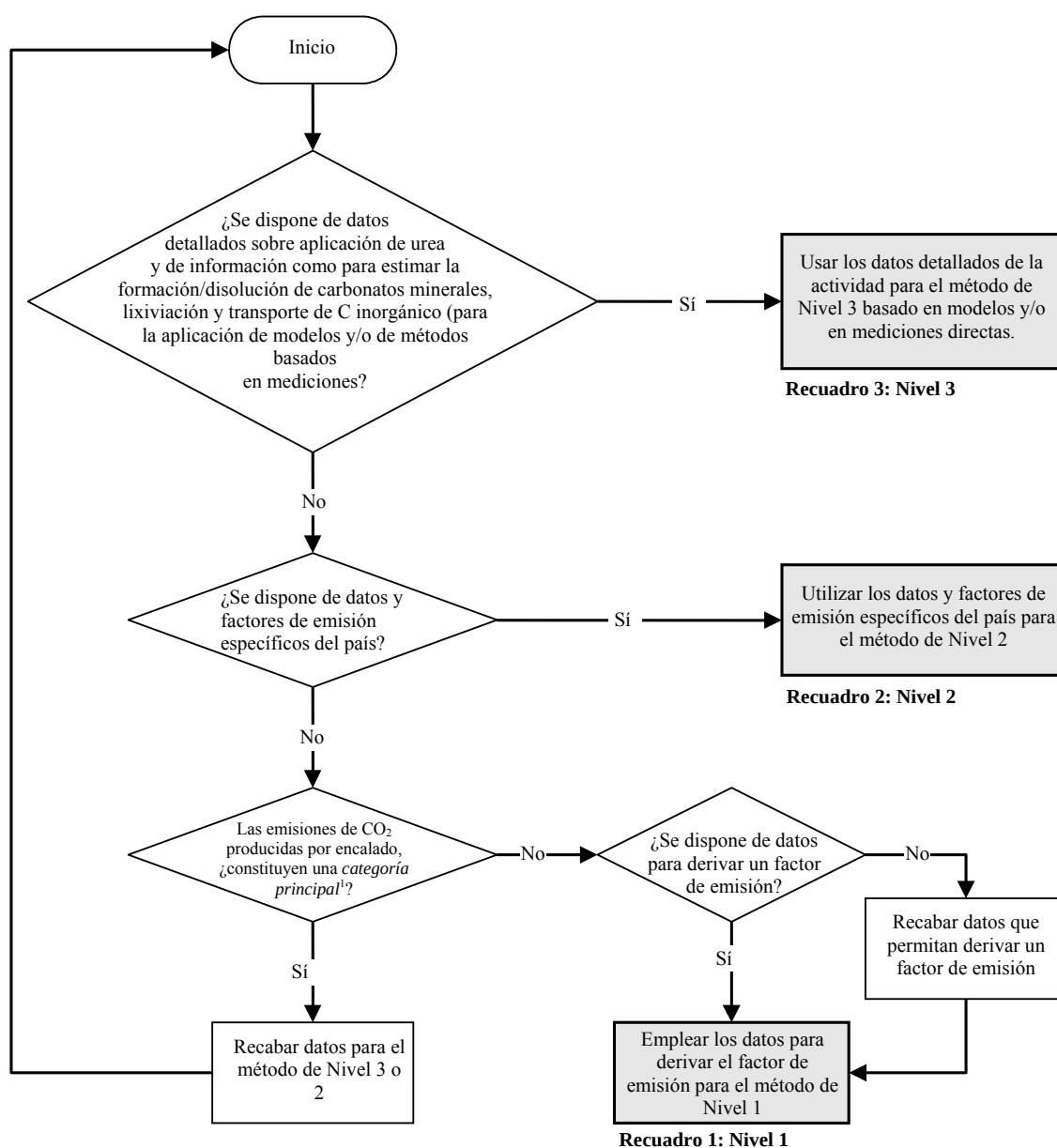
Nivel 2

Para los inventarios de Nivel 2 se usan también la Ecuación 11.13 y los pasos de procedimiento que se suministraron en el método de Nivel 1, aunque se incorpora información específica del país para estimar los factores de emisión.

Nivel 3

Las emisiones de CO₂ de la aplicación de urea podrían estimarse con modelos o mediciones más detallados que incorporen la posibilidad de la lixiviación de bicarbonato a las aguas subterráneas profundas y/o a lagos y océanos, que no contribuyen así a las emisiones de CO₂, al menos no inmediatamente. Nótese que los incrementos en el C inorgánico del suelo por fertilización con urea no representan una absorción neta de CO₂ de la atmósfera. La remoción se estima en el Sector IPPU (Volumen 3) y los cálculos para suelos sólo suministran estimaciones de la cantidad de emisiones relacionadas con esta práctica. Véase la sección de Nivel 3 referida a C inorgánico del suelo del Capítulo 2 para un análisis adicional (Sección 2.3.3 sobre Cambio en las existencias de C en el suelo).

Figura 11.5 Árbol de decisiones para la identificación del nivel apropiado para la estimación de las emisiones de CO₂ fertilización con urea.



Nota:

1: Véase el Volumen 1, Capítulo 4, «Opción metodológica e identificación de categorías principales» (principalmente la sección 4.1.2 relativa a los recursos limitados) para el análisis de las *categorías principales* y el uso de los árboles de decisión.

11.4.2 Elección del factor de emisión

Nivel 1

El factor de emisión (FE) por defecto es de 0,20 para emisiones de carbono por aplicaciones de urea.

Nivel 2

Como sucede con la cal, todo el C de la urea no puede emitirse durante el año de la aplicación. Si se dispone de suficientes datos y se comprende cómo se produce la transformación del C inorgánico, podría derivarse un factor de emisión específico del país. Constituye una *buena práctica* documentar la fuente de información y el método utilizado para derivar valores específicos del país como parte del proceso de declaración.

Nivel 3

Los métodos de Nivel 3 se basan en la estimación de las emisiones variables año tras año, lo que depende de una diversidad de características específicas del sitio y de factores ambientales. No hay ningún factor de emisión que se estime directamente.

11.4.3 Elección de los datos de la actividad

Nivel 1

Los registros de producción nacional y los datos de importación/exportación de urea pueden utilizarse para obtener una estimación aproximada de la cantidad de urea aplicada a los suelos anualmente (M). Puede suponerse que todo el fertilizante de urea producido o importado anualmente, restándole las exportaciones anuales, se aplica a los suelos. Sin embargo, pueden usarse datos complementarios sobre ventas y/o uso de urea para perfeccionar el cálculo, en lugar de suponer que toda la urea disponible durante un año en particular se agrega inmediatamente a los suelos. Independientemente del método aplicado, las estimaciones de la aplicación anual de fertilizantes de urea deben ser coherentes con la relación entre la emisión de CO₂ de la urea y las emisiones de N₂O de los suelos.

Las estadísticas de uso pueden recabarse como parte de censos nacionales o a través de registros comerciales, mientras que los bancos y la industria de los fertilizantes deben tener información sobre ventas y producción nacional. Habitualmente, las autoridades aduaneras u organizaciones gubernamentales similares llevan los registros de importación y exportación. Es una *buena práctica* hallar el promedio de los datos registrados durante un período de tres años (el actual y los dos anteriores más recientes) si es que las emisiones no se calculan anualmente a los efectos de la declaración.

Nivel 2

Además de los datos de la actividad que se describen para el Nivel 1, en el Nivel 2 puede incorporarse información adicional sobre el nivel del sitio y las características hidrológicas que se emplearon para estimar la proporción de C de la urea que se emite a la atmósfera.

Nivel 3

Para la aplicación de modelos dinámicos y/o un inventario basado en mediciones directas de Nivel 3, es factible que se necesiten datos de la actividad más detallados, en comparación con los métodos de Niveles 1 o 2, pero los requisitos exactos dependen del diseño del modelo o de la medición.

11.4.4 Evaluación de incertidumbre

Existen dos fuentes de incertidumbre en cuanto a las emisiones de CO₂ de la urea: 1) incertidumbres sobre la cantidad de urea aplicada a los suelos; y 2) incertidumbres en cuanto a la cantidad neta de C de urea que se emite como CO₂. Las incertidumbres en los datos de la actividad dependen de la exactitud de los datos de producción, ventas, importación/exportación y/o uso. Es factible que los datos del uso y de ventas tengan la menor incertidumbre; los datos de importación/exportación y de producción tienen incertidumbres adicionales debidas a inferencias relativas a la aplicación. Los compiladores del inventario pueden emplear un método conservador y suponer que toda la urea disponible para aplicación o toda la cal que se compra se aplican a los suelos. Este método puede generar sobreestimaciones o subestimaciones en ciertos años si la cantidad total de urea disponible o comprada no se aplica durante un año en particular. En un plazo mayor, este sesgo puede ser insignificante, no obstante, suponiendo que no hay almacenamiento de urea de largo plazo. Como alternativa, los compiladores del inventario pueden tener en cuenta las incertidumbres tanto de la cantidad de urea disponible para aplicación como de la cantidad que se aplica en un año de inventario en particular.

Las incertidumbres en cuanto a la cantidad del C agregado a los suelos por fertilización con urea que se emite como CO₂ depende del Nivel. Empleando un método de Nivel 1, se supone que todo el C de la urea se pierde como CO₂ en la atmósfera. Éste es un enfoque conservador y los factores de emisión por defecto se consideran valederos (dada esta hipótesis). No obstante, en la práctica, puede que parte del C de la urea quede retenido en el suelo como C inorgánico y

no se emita como CO₂, por lo menos durante el año de la aplicación. En consecuencia, los factores de emisión por defecto pueden conducir a sesgos sistemáticos en las estimaciones de emisiones.

Por lo tanto, es una *buena práctica* desarrollar factores de emisión específicos del país o enfoques de estimación avanzados mediante métodos de Niveles 2 o 3, respectivamente, en particular si el C de la urea es una fuente principal. Aunque es factible que los métodos de niveles superiores limiten el sesgo, hay incertidumbres adicionales relacionadas con estos métodos de las que habrá que ocuparse. Esas incertidumbres pueden surgir de datos insuficientes sobre las características, la hidrología y otras variables ambientales del sitio, lo que influye sobre el transporte y la conversión de C inorgánico en CO₂. También puede haber incertidumbres debidas a un conocimiento insuficiente sobre los procesos y/o la representatividad de los factores de emisión o los sistemas de estimación específicos del país en lo referido al destino del C de la urea.

11.4.5 Exhaustividad, coherencia de las series temporales, GC/CC

EXHAUSTIVIDAD

Nivel 1

Los inventarios de Nivel 1 están completos si las emisiones se calculan sobre la base de una total contabilización de toda la urea aplicada a los suelos. Las estadísticas sobre el uso o las ventas de urea proporcionan la inferencia más directa sobre aplicaciones a los suelos, pero los registros de producción y de importación/exportación son suficientes para realizar una estimación aproximada de la cantidad de urea aplicada a los suelos. Si los datos actuales no son suficientes debido a registros incompletos, es una *buena práctica* recabar información adicional para futuras declaraciones de inventario, en particular si las emisiones de C de la urea constituyen una categoría principal.

Nivel 2

La exhaustividad de los inventarios de Nivel 2 depende también de lo adecuado de los datos de la actividad (véase el Nivel 1), aunque también va a depender de los datos adicionales específicos del país que se utilicen para perfeccionar los factores de emisión. Esto puede incluir la disponibilidad de datos sobre nivel del sitio e hidrología que se emplean para especificar mejor los factores de emisión relacionados con la cantidad de CO₂ que se libera por cantidad de C de la urea agregada a los suelos.

Nivel 3

Más allá de toda consideración respecto a los Niveles 1 y 2, la exhaustividad de los inventarios de Nivel 3 depende también de las necesidades de información y de la representatividad del diseño de medición y/o de los marcos de modelización. Los compiladores del inventario deben revisar su enfoque a fin de determinar si el sistema avanzado de estimación es el apropiado para determinar la liberación neta de CO₂ de urea aplicada a los suelos. Si se identifican brechas o limitaciones, es una *buena práctica* recabar datos adicionales de manera que, en el método de Nivel 3, se tenga en cuenta en su totalidad el destino del C de la urea.

COHERENCIA DE LA SERIE TEMPORAL

Nivel 1

Deben aplicarse los mismos datos de la actividad y factores de emisión en toda la serie temporal en pro de la coherencia. En el Nivel 1, se usan factores de emisión por defecto, de manera que la coherencia no constituya un problema respecto a este componente. Sin embargo, la base de los datos de la actividad puede cambiar si se recaban nuevos datos, como sucede con un relevamiento estadístico con el que se compile información sobre aplicaciones de urea en suelos a cambio de datos de la actividad más antiguos fundamentados estrictamente en registros nacionales de producción y en datos de importación/exportación. Aunque es una *buena práctica* usar los mismos protocolos de datos y procedimientos en toda la serie temporal, en algunos casos esto puede resultar imposible y los compiladores del inventario deben determinar la influencia del cambio de fuentes de datos sobre las tendencias. En el Volumen 1, Capítulo 5, se brinda orientación sobre cómo volver a hacer los cálculos en tales circunstancias.

Nivel 2

La coherencia de los registros de datos de la actividad durante la serie temporal es importante para los inventarios de Nivel 2 (véase el Nivel 1). Además, deben aplicarse los nuevos factores que se desarrollan sobre la base de datos específicos del país en toda la serie temporal. En casos raros en los que esto no es posible, los compiladores del inventario deben determinar la influencia del cambio de los factores de emisión sobre las tendencias; en el Volumen 1, Capítulo 5, se brinda orientación adicionales sobre cómo volver a calcular bajo tales circunstancias.

Nivel 3

Al igual que en el Nivel 2, es una *buena práctica* aplicar el sistema de estimación específico del país a lo largo de toda la serie temporal. Los organismos a cargo del inventario deben emplear los mismos protocolos de medición (estrategia de muestreo, método, etc.) y/o el mismo modelo a lo largo de todo el período del inventario.

GARANTÍA DE CALIDAD Y CONTROL DE CALIDAD

Nivel 1

Es una *buena práctica* aplicar Garantía de calidad/Controles de calidad con revisión interna e independiente de los datos y los resultados del inventario, garantizando: 1) que los datos de la actividad se han procesado adecuadamente para estimar la aplicación a los suelos, 2) que los datos de la actividad se han transcrito adecuadamente en las hojas de trabajo o en el *software* del inventario, y 3) que los factores de emisión se han asignado como corresponde.

El compilador del inventario debe realizar revisiones internas, que pueden incluir una inspección visual así como funciones de programas integrados para verificar el ingreso de datos y los resultados. Las revisiones independientes deben estar a cargo de otros organismos, expertos o grupos que no estén comprometidos directamente con la compilación. En estas revisiones deben considerarse la validez del método de inventario, la rigurosidad de la documentación del inventario, la explicación de los métodos y la transparencia en general.

Nivel 2

Además de las medidas de Garantía de calidad/Control de calidad indicadas bajo el Nivel 1, el compilador del inventario debe revisar los factores de emisión específicos del país para los inventarios de Nivel 2. Si se emplean factores basados en mediciones directas, el compilador del inventario debe revisar las mediciones para garantizar que sean representativas de la verdadera gama de condiciones ambientales. Si hay acceso, es una *buena práctica* comparar los factores específicos del país con los factores de emisión del Nivel 2 usados por otros países con circunstancias similares, además de los valores por defecto del IPCC. Dada la complejidad de las transformaciones del C inorgánico, deben participar especialistas del sector en el proceso de revisión a fin de aportar una crítica independiente de los factores de emisión.

Nivel 3

Es factible que los sistemas de inventario específicos del país requieran medidas adicionales de Garantía de calidad/Control de calidad, pero esto dependerá de los sistemas que se desarrollen. Es una *buena práctica* desarrollar un protocolo de Garantía de calidad/Control de calidad específico para el sistema avanzado de estimación del país, archivar los informes e incluir resultados resumidos en la documentación de la declaración.

GENERACIÓN DE INFORMES Y DOCUMENTACIÓN

Nivel 1

En el Nivel 1, los compiladores del inventario deben documentar las tendencias y las incertidumbres de las aplicaciones de urea a los suelos y relacionar esas pautas con las tendencias de emisión de CO₂. Debe explicarse toda fluctuación significativa en las emisiones anuales durante la serie temporal.

Es una *buena práctica* archivar las bases de datos, como registros de producción nacional, importación/exportación o estadísticas de uso de sondeos, y los procedimientos empleados para procesar los datos (p. ej., programas estadísticos). Las hojas de trabajo o el *software* del inventario que se usaron para estimar las emisiones deben archivararse junto con archivos de entrada/salida que se hayan generado para producir los resultados.

En los casos en los que no se disponga directamente de datos de la actividad a partir de bases de datos o en que se hayan combinado múltiples conjuntos de datos, deben describirse la información, las hipótesis y los procedimientos empleados para derivar los datos de la actividad. Esta documentación debe incluir la frecuencia de la recolección y la estimación de datos, y la incertidumbre. El uso del conocimiento experto debe documentarse y la correspondencia debe archivararse.

Nivel 2

Además de las consideraciones para el Nivel 1, los compiladores del inventario deben documentar las bases que subyacen a los factores de emisión específicos del país y archivar las fuentes de metadatos y de datos empleadas para estimar los valores específicos del país. La documentación de declaración debe incluir los nuevos factores (es decir, medios e incertidumbres), y es una *buena práctica* incluir un análisis en la declaración de inventario respecto a las diferencias entre los factores específicos del país y los valores por defecto de regiones con circunstancias similares a las del país declarante.

Cuando se analicen las tendencias de las emisiones y absorciones de un año a otro, debe hacerse una distinción entre los cambios de niveles de actividad y los cambios de los métodos, incluyendo los factores de emisión, y deben documentarse las razones de tales cambios.

Nivel 3

Los inventarios de Nivel 3 exigen documentación respecto a los datos de la actividad y las tendencias de emisiones/absorciones similar a la de los métodos de nivel inferior, aunque debe incluirse documentación adicional para explicar las bases y el marco subyacentes de sistemas de estimación específicos del país. Con los inventarios basados en mediciones, es una *buena práctica* documentar el diseño de muestreo, los procedimientos de laboratorio y las técnicas de análisis de datos. Los datos de las mediciones deben archivarse, así como los resultados de los análisis de datos. En cuanto a los métodos de Nivel 3 en los que se utilizan modelos, es una *buena práctica* documentar la versión del modelo, proporcionar una descripción del modelo, así como archivar permanentemente copias de todos los archivos de ingreso al modelo, el código fuente y los programas ejecutables.

Anexo 11A.1 Referencias para los datos de residuos agrícolas del Cuadro 11.2

I. Fracción de materia seca del producto cosechado

Lander, C.H., Moffitt, D., and Alt, K. (1998). Nutrients available from livestock manure relative to crop growth requirements. Resource Assessment and Strategic Planning Working paper 98-1. USDA Natural Resource Conservation Service. <http://www.nhq.nrcs.usda.gov/land/pubs/>.

II. Materia seca de residuos aéreos

1. Maíz

Ames, J.W., and Simon, R.H. (1924). Soil potassium as affected by fertilizer treatment and cropping. Bulletin 379. Ohio Agricultural Experiment Station, Wooster, Ohio.

Anonymous (1924). Forty-third annual report for 1923-24. Ohio Agricultural Experiment Station Bull. 382. Wooster, OH.

Anonymous (1926). Forty-fourth annual report for 1924-25. Ohio Agricultural Experiment Station Bull. 392. Wooster, OH.

Bustillo, J. J. and Gallaher, R.N. (1989). Dry matter Partitioning in No-tillage Tropical Corn in Florida. p.40-42. In I. D. Teare, E. Brown, and C.A. Trimble (ed.) 1989 Southern Conservation Tillage Conference. SB 89-1. Tallahassee, FL. 12-13 July, 1989. Univ. of Fla., North Fla. Res. and Educ. Ctr., Quincy, FL 32351.

Buyanovsky, G.A. and Wagner, G.H. (1986). Post-harvest residue input to cropland. *Plant and Soil* **93**:57-65.

Donald, C.M. and Hamblin, J. (1976). The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Adv. Agron.*, **28**: 361-405.

Fisher, K.S. and Palmer, A.F.E. (1983). Maize. In: Symposium on Potential Productivity of Field Crops Under Different Environments. International Rice Research Institute, Manila, Philippines.

Graybill, J.S., Cox, W.J. and Otis, D.J. (1991). Yield and quality of forage maize as influenced by hybrid, planting date, and plant density. *Agronomy Journal*, **83**: 559-564.

Hutcheson, T.B., Hodgson, E.R., and Wolfe, T.K. (1917). Corn culture. Virginia Agricultural Experiment Station Bull. 214. Virginia Polytechnic Institute, Blacksburg, VA.

Jones, J.N. Jr., Moody, J.E., and Lillard, J.H. (1969). Effects of tillage, no tillage, and mulch on soil water and plant growth. *Agron. J.* **61**:719-721.

Jones Jr., J.N., Moody, J.E., Shear, G.M., Moschler, W.W. and Lillard, J.H. (1968). The no-tillage system for corn (*Zea mays* L.). *Agron. J.* **60**:17-20.

Noll, C.F., Gardner, F.D. and Irvin, C.J. (1930). A field test of different sources of phosphorous. *School of Agriculture and Experiment Station Bull.* 252. Pennsylvania State College

Noll, C.F., Gardner, F.D. and Irvin, C.J. (1931). Fiftieth anniversary of the General Fertilizer Tests 1881-1931. *School of Agriculture and Experiment Station Bull.* 264. Pennsylvania State College.

Ockerby, S.E. and Fukai, S. (2001). The management of rice grown on raised beds with continuous furrow irrigation. *Field Crops Res.* **69**:215-226.

Peters, S.E., Wander, M.M., Saporito, L.S., Harris, G.H. and Friedman, D.B. (1997). Management impacts on SOM and related soil properties in a long-term farming systems trial in Pennsylvania: 1981-1991. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul. K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.

Peterson, G.A. and Westfall, D.G. (1997). Management of dryland agroecosystems in the Central Great Plains of Colorado. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul. K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.

Peterson, G.A., Westfall, D.G. and Wood, W. (1989). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB89-3. Dept. of Agronomy, Colorado State University.

Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Poss, D., Larson, K. and Thompson, D.L. (1997). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB97-3. Dept. of Agronomy, Colorado State University.

Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., McGee, E. and Kolberg, R. (1992). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB92-2. Dept. of Agronomy, Colorado State University.

- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., McGee, E. and Kolberg, R. (1991). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB91-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Rouppe, B. (1994). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB94-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Rouppe, B. (1993). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB93-4. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Poss, D. (1996). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB96-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Poss, D. (1995). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB95-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Wood, W. and Ross, S. (1988). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin LTB88-6. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., McGee, E., Westfall, D.G., Wood, C.W. and Sherrod, L. (1990). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB90-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Pierce, F.J. and Fortin, M.C. (1997). Long-term tillage and periodic plowing of a no-tilled soil in Michigan: Impacts, yield, and soil organic matter. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Russell, J.S. (1991). Genetic improvement of maize yields. *Advances in Agronomy* **46**:245-298.
- Sewell, M.C. and Call, L.E. (1925). Tillage investigations relating to wheat production. Tech. Bull. 18. Agricultural Experiment Station. Kansas State Agricultural College.
- Shear, G.M. and Moschler, W.W. (1969). Continuous corn by the no-tillage and conventional tillage methods: A six-year comparison. *Agron. J.* **61**:524-526.
- Tapper, D.C. (1983). Changes in physiological traits associated with grain yield improvement in single-cross maize hybrids from 1930 to 1970. Ph.D. Dissertation. Agronomy Department, Iowa State University, Ames, IA.
- Thorne, C.E. (1924). The maintenance of soil fertility. Bulletin 381. Ohio Agricultural Experiment Station.
- Throckmorton, R.I. and Duley, F.L. (1935). Twenty years of soil fertility investigations. Kansas. Agricultural Experiment Station Tech. Bull. 40. Kansas State College of Agriculture and Applied Science. Manhattan, KS.
- Vanotti, M.B., Bundy, L.G. and Peterson, A.E. (1997). Nitrogen fertilizer and legume-cereal rotation effects on soil productivity and organic matter dynamics in Wisconsin. In Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Wianco, A.T. and Jones, S.C. (1918). The value of manure on Indiana soils. Purdue University Agricultural Experiment Station. Bull. No. 222. Lafayette, IN.
- Wianco, A.T., Conner, S.D. and Jones, S.C. (1919). The value of legumes on Indiana soils. Purdue University Agricultural Experiment Station. Bull. No. 226. Lafayette, IN.

2. Trigo de invierno

- Austin, R.B., Bingham, J., Blackwell, R.D., Evans, L.T., Ford, M.A., Morgan, C.L. and Taylor, M. (1980). Genetic improvements in winter wheat yields since 1900 and associated physiological changes. *J. Agric. Sci., Camb.* **94**:675-689.
- Barracough, P.B. and Leigh, R.A. (1984). The growth and activity of winter wheat roots in the field: the effect of sowing date and soil type on root growth of high yielding crops. *J. Agric. Sci., Camb.* **103**:59-74.
- Black, A.L. and Tanaka, D.L. (1997). A conservation tillage-cropping systems study in the Northern Great Plains of the United States. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Bolinder, M.A., Angers, D.A. and Dubuc, J.P. (1997). Estimating shoot to root ratios and annual carbon inputs in soils for cereal crops. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **63**:61-67.
- Bruce, R.R. and Langdale, G.W. (1997). Soil carbon level dependence upon crop culture variables in a thermic-udic region. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Bruckner, P.L. and Morey, D.D. (1988). Nitrogen effects on soft red winter wheat yield, agronomic characteristics, and quality. *Crop Sci.* **28**:152-157.
- Buyanovsky, G.A. and Wagner, G.H. (1986). Post-harvest residue input to cropland. *Plant and Soil* **93**:57-65.

- Cox, T.S., Shroyer, J.P., Liu, B.-H., Sears, R.G. and Martin, T.J. (1988). Genetic improvements in agronomic traits of hard red winter wheat cultivars from 1919 to 1987. *Crop Science* **28**:756-760.
- Donald, C.M. and Hamblin, J. (1976). The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Adv. Agron.*, **28**: 361-405.
- Eck, H.V. (1986). Profile modification and irrigation effects on yield and water use of wheat. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **50**:724-729.
- Entz, M.H. and Fowler, D.B. (1991). Agronomic performance of winter versus spring wheat. *Agron. J.* **83**:527-532.
- Gent, M.P.N. and Kiyomoto, R.K. (1989). Assimilation and distribution of photosynthate in winter wheat cultivars differing in harvest index. *Crop Sci.* **29**:120-125.
- Halvorson, A.D., Vigil, M.F., Peterson, G.A. and Elliott, E.T. (1997). Long-term tillage and crop residue management study at Akron, Colorado. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Ishaq, M., Ibrahim, M. and Lal, R. (2001). Tillage effect on nutrient uptake by wheat and cotton as influenced by fertilizer rate. *Soil and Tillage Res.* **62**:41-53.
- Jensen, M.E. and Sletten, W.H. (1965). Evapotranspiration and soil moisture-fertilizer interrelations with irrigated winter wheat in the Southern High Plains. USDA Agricultural Research Service. Conservation Research Report No. 4.
- Jones, O.R., Stewart, B.A. and Unger, P.W. (1997). Management of dry-farmed Southern Great Plains soils for sustained productivity. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Lafever, H.N. (1976). Ohio performance trials of soft red winter wheats including 1976 results. Agronomy Dept. Series 203. Ohio Agricultural Research and Development Center. Wooster, OH.
- Lyon, D.J., Monz, C.A., Brown, R.E. and Metherell, A.K. (1997). Soil organic matter changes over two decades of winter wheat – fallow cropping in western Nebraska. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Miller, C.M. (1939). A physiological study of the winter wheat plant at different stages of its development. Tech. Bull. 47. Agricultural Experiment Station. Kansas State College of Agriculture and Applied Science.
- Musick, J.T. and Dusek, D.A. (1980). Planting date and water deficit effects on development and yield of irrigated winter wheat. *Agron. J.* **72**: 45-52.
- Noll, C.F., Gardner, F.D. and Irvin, C.J. (1931). Fiftieth anniversary of the General Fertilizer Tests 1881-1931. Pennsylvania State College School of Agriculture and Experiment Station Bull. 264.
- Noll, C.F., Gardner, F.D. and Irvin, C.J. (1930). A field test of different sources of phosphorous. Pennsylvania State College School of Agriculture and Experiment Station Bull. 252.
- Peterson, G.A. and Westfall, D.G. (1997). Management of dryland agroecosystems in the Central Great Plains of Colorado. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G. and Wood, W. (1989). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB89-3. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Poss, D., Larson, K. and Thompson, D.L. (1997). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB97-3. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., McGee, E. and Kolberg, R. (1992). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB92-2. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., McGee, E. and Kolberg, R. (1991). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB91-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Rouppet, B. (1994). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB94-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Rouppet, B. (1993). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB93-4. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Poss, D. (1996). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB96-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.

- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Poss, D. (1995). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB95-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Wood, W. and Ross, S. (1988). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin LTB88-6. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., McGee, E., Westfall, D.G., Wood, C.W. and Sherrod, L. (1990). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB90-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Rao, S.C., Coleman, S.W. and Volesky, J.D. (2000). Yield and quality of wheat, triticale, and elytricum forage in the Southern Plains. *Crop Sci.* **40**:1308-1312.
- Rasmussen, P.E. and Parton, W.J. (1994). Long-term effects of residue management in wheat-fallow: I. Inputs, yield, and soil organic matter. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **58**:523-530.
- Rasmussen, P.E., Smiley, R.W. and Albrecht, S.L. (1996). Long-term residue management experiment: Pendleton, Oregon, USA. IN: Evaluation of Soil Organic Matter Models Using Existing Long-term Datasets. D. S. Powlson, P. Smith, and J. U. Smith (eds.). Springer-Verlag, Germany.
- Sewell, M.C. and Call, L.E. (1925). Tillage investigations relating to wheat production. Tech. Bull. 18.
- Sharma, R.C. and Smith, E.L. (1986). Selection for high and low harvest index in three winter wheat populations. *Crop Sci.* **26**:1147-1150.
- Siddique, K.H.M., Belford, R.K., Perry, M.W. and Tennant, D. (1989). Growth, development and light interception of old and modern wheat cultivars in a Mediterranean-type environment. *Aust. J. Agric. Res.* **40**:473-487.
- Singh, I.D. and Stoskopf, N.C. (1971). Harvest index in cereals. *Agron. J.* **63**:224-226.
- Skidmore, E.L. and Siddoway, F.H. (1978). Crop residue requirements to control wind erosion. Chapter 2 in Crop Residue Management Systems. *Am. Soc. Agron. Spec. Pub. No. 31*.
- Ten Eyck, A. M. and Shoesmith, V. M. (1907). Small grain crops. Agricultural Experiment Station Bulletin 144. Kansas State Agricultural College. Manhattan, KS.
- Thorne, C.E. (1924). The maintenance of soil fertility. Ohio Agricultural Experiment Station Bull. 381.
- Throckmorton, R.I. and Duley, F.L. (1935). Twenty years of soil fertility investigations. Kansas. Agricultural Experiment Station Tech. Bull. 40. Kansas State College of Agriculture and Applied Science. Manhattan, KS.
- Unger, P.W. (1977). Tillage effects on winter wheat production where the irrigated and dryland crops are alternated. *Agronomy Journal*, **69**: 944 – 950.
- Weir, A.H. and Barraclough, P.B. (1986). The effect of drought on the root growth of winter wheat and on its uptake from deep loam. *Soil Use And Management* **2**:91-96.
- Wianco, A.T. and Jones, S.C. (1918). The value of manure on Indiana soils. Purdue University Agricultural Experiment Station. Bull. No. 222. Lafayette, IN.
- Wianco, A.T., Conner, S.D. and Jones, S.C. (1919). The value of legumes on Indiana soils. Purdue University Agricultural Experiment Station. Bull. No. 226. Lafayette, IN.

3. *Trigo de primavera*

- Bauer, A. and Zubrski, J.C. (1978). Hard red spring wheat straw yields in relation to grain yields. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **42**:777-781.
- Black, A.L. and Tanaka, D.L. (1997). A conservation tillage-cropping systems study in the Northern Great Plains of the United States. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Campbell, C.A. and Zentner, R.P. (1993). Soil organic matter as influenced by crop rotations and fertilization. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **57**:1034-1040.
- Campbell, C.A., Davidson, H.R. and Warder, F.G. (1977). Effects of fertilizer N and soil moisture on yield, yield components, protein content and N accumulation in the above-ground parts of spring wheat. *Can. J. Soil Sci.* **57**:311-327.
- Cassman, K.G., Bryant, D.C., Fulton, A.E. and Jackson, L.F. (1992). Crop ecology, production and management. *Crop Sci.* **32**:1251-1258.
- Hucl, P. and Baker, R.J. (1987). A study of ancestral and modern Canadian spring wheats. *Can. J. Plant Sci.* **67**:87-97.

- Juma, N.G., Izaurralde, R.C., Robertson, J.A. and McGill, W.B. (1997). Crop yield and soil organic matter trends over 60 years in a typic cryoboralf at Breton, Alberta. In: *Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems*. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Löffler, C.M., Rauch, T.L. and Busch, R.H. (1985). Grain and plant protein relationships in hard red spring wheat. *Crop Sci.* **25**:521-524.
- Perry, M.W. and D'Antuono, M.F. (1989). Yield improvement and associated characteristics of some Australian spring wheat cultivars introduced between 1860 and 1982. *Aust. J. Agric. Res.* **40**:457-472.
- Skidmore, E.L. and Siddoway, F.H. (1978). Crop residue requirements to control wind erosion. In: *Crop Residue Management Systems*. *Am. Soc. Agron. Spec. Pub. No. 31*.
- van Delden, A. (2001). Yield and growth components of potato and wheat under organic nitrogen management. *Agron. J.* **93**:1370-1385.

4. Arroz

- Bainton, S.J., Plumb, V.E., Juliano, B.O., Perez, C.M., Roxas, D.B., Kush, G.S., de Jesus, J.C. and Gomez, K.A. (1991). Variation in the nutritional value of rice straw. *Animal Feed Science and Technology* **34**, 261-277.
- Cho, Y.S., Choe, Z.R. and Ockerby, S.E. (2001). Managing tillage, sowing rate and nitrogen top-dressing level to sustain rice yield in a low-input, direct-sown, rice-vetch cropping system. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, **41**:61-69.
- Donald, C.M. and Hamblin, J. (1976). The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Adv. Agron.*, **28**: 361-405.
- George, T., Magbanua, R., Roder, W., Van Keer, K., Trebil, G. and Reoma, V. (2001). Upland rice response to phosphorous fertilization in Asia. *Agron. J.* **93**:1362-1370.
- Kinery, J.R., McCauley, G., Xie, Y. and Arnold, J.G. (2001). Rice parameters describing crop performance of four U. S. cultivars. *Agron. J.* **93**:1354-1361.
- Ockerby, S.E. and Fukai, S. (2001). The management of rice grown on raised beds with continuous furrow irrigation. *Field Crops Research*. **69**:215-226.
- San-oh, Y., Mano, Y., Ookawa, T. and Hirasawa, T. (2004). Comparison of dry matter production and associated characteristics between direct-sown and transplanted rice plants in a submerged paddy field and relationships to planting patterns. *Field Crops Res.* **87**:43-58.
- Turner, F.T. and McCauley, G.N. (1983). Rice. In: *Crop – Water Relations*. I.D. Teare and M.M. Peet (eds.). John Wiley and Sons, New York, pp 308-350.
- Yang, J., Zhang, J., Wang, Z., Zhu, Q. and Wang, W. (2001). Remobilization of carbon reserves in response to water deficit during grain filling of rice. *Field Crops Res.* **71**:47-55.

5. Cebada

- Alston, A.M. (1980). Response of wheat to deep placement of nitrogen and phosphorous fertilizers on a soil high in phosphorous in the surface layer. *Aust. J. Agric. Res.* **31**:13-24.
- Boukerrou, L. and Rasmussen, D.D. (1990). Breeding for high biomass yield in spring barley. *Crop Sci.* **30**:31-35.
- Chery, J., Lefevre, B., Robin, P. and Salsac, L. (1981). Barley breeding for high protein content. Relationship with nitrate reductase and proteolytic activities. In: *Barley Genetics IV. Proceedings of the Fourth International Barley Genetics Symposium*. Edinburgh Univ. Press.
- Donald, C.M. and Hamblin, J. (1976). The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Adv. Agron.*, **28**: 361-405.
- Juma, N.G., Izaurralde, R.C., Robertson, J.A. and McGill, W.B. (1997). Crop yield and soil organic matter trends over 60 years in a typic cryoboralf at Breton, Alberta. In: *Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems*. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Kirby, E.J.M. (1967). The effect of plant density upon the growth and yield of barley. *J. Agric. Sci., Camb.* **68**:317-324.
- Lekes, J. (1981). Results, main directions in using world collections and genetic resources of spring barley in European breeding. In: *Barley Genetics IV. Proceedings of the Fourth International Barley Genetics Symposium*. Edinburgh Univ. Press.
- Mahli, S.S., Grant, C.A., Johnston, A.M. and Gill, K.S. (2001). Nitrogen fertilization management for no-till cereal production in the Canadian Great Plains: a review. *Soil and Tillage Res.* **60**:101-122.

- Riggs, T.J., Hanson, P.R., Start, N.D., Miles, D.M., Morgan, C.L. and Ford, M.A. (1981). Comparison of spring barley varieties grown in England and Wales between 1880 and 1980. *J. Agric. Sci., Camb.* **97**:599-610.
- Siddique, K.H.M., Belford, R.K. and Tennant, D. (1990). Root:shoot ratios of old and modern, tall and semi-dwarf wheats in a mediterranean environment. *Plant and Soil* **121**:89-98.
- Siddique, K.H.M., Belford, R.K., Perry, M.W. and Tennant, D. (1989). Growth, development and light interception of old and modern wheat cultivars in a Mediterranean-type environment. *Aust. J. Agric. Res.* **40**:473-487.
- Skidmore, E.L. and Siddoway, F.H. (1978). Crop residue requirements to control wind erosion. In: Crop Residue Management Systems. *Am. Soc. Agron. Spec. Pub. No. 31*.
- Ten Eyck, A.M., and Shoesmith, V.M. (1907). Small grain crops. Agricultural Experiment Station Bulletin 144. Kansas State Agricultural College. Manhattan, KS.
- Watson, D.J., Thorne, G.N., and French, S.A.W. (1958). Physiological causes of differences in grain yield between varieties of barley. *Annals of Botany* **87**:321-352.
- Wych, R.D. and Rasmussen, D.C. (1983). Genetic improvement in malting barley cultivars since 1920. *Crop Sci.* **23**:1037-1040.

6. Avena

- Anonymous (1923). Forty-second annual report for 1922-23. Ohio Agricultural Experiment Station Bull. 373. Wooster, OH.
- Anonymous (1926). Forty-fourth annual report for 1924-25. Ohio Agricultural Experiment Station Bull. 392. Wooster, OH.
- Bolinder, M.A., Angers, D.A. and Dubuc, J.P. (1997). Estimating shoot to root ratios and annual carbon inputs in soils for cereal crops. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **63**:61-67.
- Brinkman, M.A. and Rho, Y.D. (1984). Response of three oat cultivars to N fertilizer. *Crop Science* **24**:973-977.
- Donald, C.M. and Hamblin, J. (1976). The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Adv. Agron.* **28**:361-405.
- Georgeson, C.C., Burtis, F.C. and Otis, D.H. (1893). Experiments with oats. Experiment Station Bull. No. 42. Kansas State Agricultural College.
- Georgeson, C.C., Burtis, F.C. and Otis, D.H. (1896). Experiments with oats. Experiment Station Bull. No. 63. Kansas State Agricultural College.
- Georgeson, C.C., Burtis, F.C. and Otis, D.H. (1897). Experiments with oats. Experiment Station Bull. No. 74. Kansas State Agricultural College.
- Georgeson, C.C., Cottrell, H.M. and Shelton, W. (1890). Experiments with oats. Experiment Station Bull. No. 13. Kansas State Agricultural College.
- Juma, N.G., Izaurrealde, R.C., Robertson, J.A. and McGill, W.B. (1997). Crop yield and soil organic matter trends over 60 years in a typical cryoboralf at Breton, Alberta. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Lawes, D.A. (1977). Yield improvement in spring oats. *J. Agric. Sci., Camb.* **89**:751-757.
- Meyers, K.B., Simmons, S.R. and Stuthman, D.D. (1985). Agronomic comparison of dwarf and conventional height oat genotypes. *Crop Sci.* **25**:964-966.
- Noll, C.F., Gardner, F.D. and Irvin, C.J. (1930). A field test of different sources of phosphorous. Pennsylvania State College School of Agriculture and Experiment Station Bull. 252.
- Noll, C.F., Gardner, F.D. and Irvin, C.J. (1931). Fiftieth anniversary of the General Fertilizer Tests 1881-1931. Pennsylvania State College School of Agriculture and Experiment Station Bull. 264.
- Rattunde, H.F. and Frey, K.J. (1986). Nitrogen harvest index in oats: Its repeatability and association with adaptation. *Crop Sci.* **26**:606-610.
- Sewell, M.C. and Call, L.E. (1925). Tillage investigations relating to wheat production. Tech. Bull. 18. Agricultural Experiment Station. Kansas State Agricultural College.
- Ten Eyck, A.M. and Shoesmith, V.M. (1907). Small grain crops. Agricultural Experiment Station Bulletin 144. Kansas State Agricultural College. Manhattan, KS.
- Thorne, C.E. (1924). The maintenance of soil fertility. Ohio Agricultural Experiment Station Bull. 381.

Wianco, A.T. and Jones, S.C. (1918). The value of manure on Indiana soils. Purdue University Agricultural Experiment Station. Bull. No. 222. Lafayette, IN.

Wianco, A.T., Conner, S.D. and Jones, S.C. (1919). The value of legumes on Indiana soils. Purdue University Agricultural Experiment Station. Bull. No. 226. Lafayette, IN.

7. Mijo

Peterson, G.A. and Westfall, D.G. (1997). Management of dryland agroecosystems in the Central Great Plains of Colorado. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.

Peterson, G.A., Westfall, D.G. and Wood, W. (1989). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB89-3. Dept. of Agronomy, Colorado State University.

Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., McGee, E. and Kolberg, R. (1992). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB92-2. Dept. of Agronomy, Colorado State University.

Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., McGee, E. and Kolberg, R. (1991). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB91-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.

Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Rouppe, B. (1994). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB94-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.

Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Rouppe, B. (1993). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB93-4. Dept. of Agronomy, Colorado State University.

Peterson, G.A., Westfall, D.G., Wood, W. and Ross, S. (1988). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin LTB88-6. Dept. of Agronomy, Colorado State University.

Peterson, G.A., McGee, E., Westfall, D.G., Wood, C.W. and Sherrod, L. (1990). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB90-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.

8. Sorgo

Anonymous (1930). A report of the Tribune Branch Agricultural Experiment Station. Agricultural Experiment Station Bull. 250. Kansas State Agricultural College, Manhattan, KS.

Arnon, I. and Blum, A. (1962). Factors responsible for yield superiority of hybrid sorghum. *Israel J. Agric. Res.* **12**: 95-105.

Arnon, I. and Blum, A. (1964). Response of hybrid and self-pollinated sorghum varieties to moisture regime and intra-row competition. *Israel J. Agric. Res.* **14**: 45-53.

Bond, J.J., Army, T.J. and Lehman, O.R. (1964). Row spacing, plant populations and moisture supply as factors in dryland grain sorghum production. *Agron. J.* **56**:3-6.

Bruce, R.R. and Langdale, G.W. (1997). Soil carbon level dependence upon crop culture variables in a thermic-udic region. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.

Craufurd, P.Q. and Peacock, J.M. (1993). Effect of heat and drought stress on sorghum (*Sorghum bicolor*). II. Grain yield. *Expl. Agric.* **29**:77-86.

Donald, C.M. and Hamblin, J. (1976). The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Adv. Agron.*, **28**: 361-405.

Eastin, J.D. (1983). Sorghum. In Symposium on Potential Productivity of Field Crops Under Different Environments. International Rice Research Institute, Manila, Philippines.

Eck, H.V. and Musick, J.T. (1979). Plant water stress effects on irrigated grain sorghum. I. Effects on yield. *Crop Sci.* **19**:589-592.

Jones, O.R., Stewart, B.A. and Unger, P.W. (1997). Management of dry-farmed Southern Great Plains soils for sustained productivity. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.

Laryea, K.B. and Unger, P.W. (1995). Grassland converted to cropland: Soil conditions and sorghum yield. *Soil & Tillage res.* **33**:29-45.

Peterson, G.A. and Westfall, D.G. (1997). Management of dryland agroecosystems in the Central Great Plains of Colorado. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.

- Peterson, G.A., Westfall, D.G. and Wood, W. (1989). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB89-3. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Poss, D., Larson, K. and Thompson, D.L. (1997). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB97-3. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., McGee, E. and Kolberg, R. (1992). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB92-2. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., McGee, E. and Kolberg, R. (1991). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB91-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Rouppe, B. (1994). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB94-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Rouppe, B. (1993). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB93-4. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Poss, D. (1995). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB95-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Wood, W. and Ross, S. (1988). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin LTB88-6. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., McGee, E., Westfall, D.G., Wood, C.W. and Sherrod, L. (1990). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB90-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Prihar, S.S. and Stewart, B.A. (1991). Sorghum harvest index in relation to plant size, environment, and cultivar. *Agron. J.* **83**:603-608.
- Shinano, T., Osaka, M., Yamada, S. and Tadano, T. (1994). Comparison of root growth and nitrogen absorbing ability between Gramineae and Leguminosae during the vegetative stage. *Soil Sci. Plant Nutr.* **40**:485-495.
- Steiner, J.L. (1986). Dryland grain sorghum water use, light interception, and growth responses to plant geometry. *Agron. J.* **78**:720-726.
- Unger, P.W. and Jones, O.R. (1981). Effect of soil water content and a growing season straw mulch on grain sorghum. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **45**:129-134.
- Unger, P.W. and Wiese, A.F. (1979). Managing irrigated winter wheat residues for water storage and subsequent dryland grain sorghum production. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **43**:582-588.
- von Trebra, R.L. and Wagner, F.A. (1932). Tillage practices for south-western Kansas. Agricultural Experiment Station Bull. 262. Kansas State College of Agriculture and Applied Science. Manhattan, KS.

9. Centeno

Actualmente, no se dispone de datos sobre centeno.

10. Soja

- Anderson, L.R., and Vasilas, B.L. (1985). Effects of planting date on two soybean cultivars: Seasonal dry matter accumulation and seed yield. *Crop Sci.* **25**:999-1004.
- Bruce, R.R. and Langdale, G.W. (1997). Soil carbon level dependence upon crop culture variables in a thermic-udic region. In: *Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems*. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Buyanovsky, G.A. and Wagner, G.H. (1986). Post-harvest residue input to cropland. *Plant and Soil* **93**:57-65.
- Buzzell, R.I. and Buttery, B.R. (1977). Soybean harvest index in hill-plots. *Crop Sci.* **17**:968-970.
- Frederick, J.R., Woolley, J.T., Hesketh, J.D. and Peters, D.B. (1991). Seed yield and agronomic traits of old and modern soybean cultivars under irrigation and soil water-deficit. *Field Crops research*, **27**: 71-82.
- Hanway, J.J. and Weber, C.R. (1971). Dry matter accumulation in eight soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) varieties. *Agron. J.* **63**:227-230.
- Hodgson, A.S., Holland, J.F. and Rayner, P. (1989). Effects of field slope and duration of furrow irrigation on growth and yield of six grain-legumes on a waterlogging-prone vertisol. *Field Crops research*, **22**: 165-180.
- Kumudini, S., Hume, D.J., and Chu, G. (2001). Genetic improvement in short season soybeans: I. Dry matter accumulation, partitioning, and leaf area duration. *Crop Sci.* **41**:391-398.
- Laing, D.R., Kretchmer, P.J., Zuluaga, S. and Jones, P.G. (1983). Field Bean. In *Symposium on Potential Productivity of Field Crops Under Different Environments*. International Rice Research Institute, Manila, Philippines.

- Liu, X., Jin, J., Herbert, S.J., Zhang, Q. and Wang, G. (2005). Yield components, dry matter, LAI and LAD of soybeans in Northeast China. *Field Crops Research*, **93**: 85-93.
- Peters, S.E., Edwards, W.M. and McCoy, E.L. (1997). Continuous application of no-tillage to Ohio soils: Changes in crop yields and organic matter-related soil properties. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Sammons, D.J., Peters, D.B. and Hymowitz, T. (1981). Screening soybeans for tolerance to moisture stress: A field procedure. *Field Crops Research*, **3**: 321-335.
- Sinclair, T.R., Muchow, R.C., Ludlow, M.M., Leach, G.J., Lawn, R.J. and Foale, M.A. (1987). Field and model analysis of the effect of water deficits on carbon and nitrogen accumulation by soybean, cowpea, and black gram. *Field Crops Research*, **17**: 121-140.
- Sivakumar, M.V.K., Taylor, H.M. and Shaw, R.H. (1977). Top and root relations of field-grown soybeans. *Agron. J.* **69**:470-473.
- Thatcher, L.E. (1925). The soybean in Ohio. Ohio Agricultural Experiment Station. Bull. 384.
- Walker, A.K. and Fioritto, R.J. (1984). Effect of cultivar and planting pattern on yield and apparent harvest index in soybean. *Crop Sci.* **24**:154-155.

11. Alubias secas

- Ortega, P.F. (1988). Morphological characterization of six dry bean genotypes grown under non-irrigated conditions in Colorado. M.S. Thesis. Department of Agronomy, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.

12. Patatas

- Heard, J. (2004). Nutrient accumulation and partitioning by potatoes in Manitoba. Proc. of 47th Annual Manitoba Society of Soil Science Meeting. Online at: <http://www.gov.mb.ca/agriculture/msss/2004/mss600.pdf>.
- van Delden, A. (2001). Yield and growth components of potato and wheat under organic nitrogen management. *Agron. J.* **93**:1370-1385.
- Zvomuya, F., Rosen, C.J., Russelle, M.P. and Gupta, S.C. (2003). Nitrate leaching and nitrogen recovery following application of polyolefin-coated urea to potato. *Journal of Environmental Quality*, **32**: 480-489.

13. Cacahuetes

- Bell, M.J., Muchow, R.C. and Wilson, G.L. (1987). The effect of plant population on peanuts (*Arachis hypogaea*) in a monsoonal tropical environment. *Field Crops Research*, **17**: 91-107.
- Ghosh, P.K. (2004). Growth, yield, competition and economics of groundnut/cereal fodder intercropping systems in the semi-arid tropics of India. *Field Crops Research*, **88**: 227-237.
- ICRISAT (2004). Increasing the effectiveness of research on agricultural resource management in the semi-arid tropics of southern India by combining cropping systems modeling with farming systems research: A rewarding experience for Tamil Nadu farmers. International Crops research Institute for the Semi-Arid Tropics. Online at: <http://www.icrisat.org/>.
- Singh, P., Boote, K.J., Rao, A.Y., Iruthayaraj, M.R., Sheikh, A.M., Hundal, S.S., Narang, R.S. and Singh, P. (1994). Evaluation of the groundnut model PNTGRO for crop response to water availability, sowing dates, and seasons. *Field Crops research*, **39**: 147-162.
- Witzenberger, A., Williams, J.H. and Lenz, F. (1985). Yield, components of yield and quality responses of groundnut (*Arachis Hypogaea* L.) as influenced by photoperiod and a growth regulator. *Field Crops research*, **12**: 347-361.

14. Alfalfa

- Paustian, K., Andren, O., Clarholm, M., Hansson, A.C., Johansson, G., Lagerlof, J., Lindberg, T., Pettersson, R., and Sohlenius, B. (1990). Carbon and nitrogen budgets of four agro-ecosystems with annual and perennial crops, with and without fertilization. *J. Appl. Ecol.* **27**:60-84.
- Walley, F.L., Tamm, G.O., Matus, A., Slinkard, A.E. and van Kessel, C. (1996). Allocation and cycling of nitrogen in an alfalfa-bromegrass sward. *Agronomy Journal*, **88**: 834-843.

15. Heno no-leguminoso

- Paustian, K., Andren, O., Clarholm, M., Hansson, A.C., Johansson, G., Lagerlof, J., Lindberg, T., Pettersson, R., and Sohlenius, B. (1990). Carbon and nitrogen budgets of four agro-ecosystems with annual and perennial crops, with and without fertilization. *J. Appl. Ecol.* **27**:60-84.

III. Contenido de N de residuos aéreos

1. Maíz

- Burgess, M.S., Mehuys, G.R. and Madramootoo, C.A. (2002). Nitrogen dynamics of decomposing corn residue components under three tillage systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **66**:1350-1358.
- Eghball, B. and Maranville, J.W. (1993). Root development and nitrogen influx of corn genotypes grown under combined drought and nitrogen stresses. *Agron. J.* **85**:147-152.
- Heard, J. (2004). Nutrient accumulation and partitioning by grain corn in Manitoba. Proc. of 47th Annual Manitoba Society of Soil Science Meeting. Online at: <http://www.gov.mb.ca/agriculture/msss/2004/mss601.pdf>.
- Janzen, H.H., Beauchemin, K.A., Bruinsma, Y., Campbell, C.A., Desjardins, R.L., Ellert, B.H. and Smith, E.G. (2003). The fate of nitrogen in agroecosystems: An illustration using Canadian estimates. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **67**: 85-102.
- Mgheni, D.M., Ndemanisho, E.E., Hvelplund, T. and Weisbjerg, M.R. (2001). Evaluation of the feeding value of two tropical cereal straws, maize stover, rice straw and their botanical fractions by nylon and mobile bag technique. *African Journal of Science and Technology*, **2**:65-71.
- NRCS (2006). Plant nutrient content database. Natural Resources Conservation Service. U. S. Dept. of Agriculture. Online at: <http://www.nrcs.usda.gov/technical/ECS/nutrient/tbb1.html>.
- Reisinger, K., Haslinger, C., Herger, M., Hofbauer, H. (1996). BIOBIB- a Database for Biofuels, THERMIE-Conference: Renewable Energy Databases, Harwell, United Kingdom. Online at: <http://www.vt.tuwien.ac.at/biobib/oxford.html>.
- Subedi, K.D. and Ma, B.L. (2005). Nitrogen uptake and partitioning in stay-green and leafy-maize hybrids. *Crop Sci.* **45**:740-747.

2. Trigo

- Austin, R.B., Ford, M.A. and Morgan, C.L. (1989). Genetic improvement in the yield of winter wheat: a further evaluation. *J. Agric. Sci., Camb.* **112**:295-301.
- Campbell, C.A., Davidson, H.R. and Warder, F.G. (1977). Effects of fertilizer N and soil moisture on yield, yield components, protein content and N accumulation in the above-ground parts of spring wheat. *Can. J. Soil Sci.* **57**:311-327.
- Campbell, C.A. and Zentner, R.P. (1993). Soil organic matter as influenced by crop rotations and fertilization. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **57**:1034-1040.
- Cassman, K.G., Bryant, D.C., Fulton, A.E. and Jackson, L.F. (1992). Crop ecology, production and management. *Crop Sci.* **32**:1251-1258.
- NRCS (2006). Plant nutrient content database. Natural Resources Conservation Service. U. S. Dept. of Agriculture. Online at: <http://www.nrcs.usda.gov/technical/ECS/nutrient/tbb1.html>.
- Reisinger, K., Haslinger, C., Herger, M. and Hofbauer, H. (1996). BIOBIB- a Database for Biofuels, THERMIE-Conference: Renewable Energy Databases, Harwell, United Kingdom. Online at: <http://www.vt.tuwien.ac.at/biobib/oxford.html>.

3. Arroz

- Mgheni, D.M., Ndemanisho, E.E., Hvelplund, T. and Weisbjerg, M.R. (2001). Evaluation of the feeding value of two tropical cereal straws, maize stover, rice straw and their botanical fractions by nylon and mobile bag technique. *African Journal of Science and Technology*, **2**:65-71.
- NRCS (2006). Plant nutrient content database. Natural Resources Conservation Service. U. S. Dept. of Agriculture. Online at: <http://www.nrcs.usda.gov/technical/ECS/nutrient/tbb1.html>.
- Ockerby, S.E. and Fukai, S. (2001). The management of rice grown on raised beds with continuous furrow irrigation. *Field Crops Research*. **69**:215-226.
- Reisinger, K., Haslinger, C., Herger, M. and Hofbauer, H. (1996). BIOBIB- a Database for Biofuels, THERMIE-Conference: Renewable Energy Databases, Harwell, United Kingdom. Online at: <http://www.vt.tuwien.ac.at/biobib/oxford.html>.

4. Cebada

- Bulman, P. and Smith, D.L. (1993). Accumulation and redistribution of dry matter and nitrogen by spring barley. *Agron. J.* **85**:1114-1121.
- Janzen, H.H., Beauchemin, K.A., Bruinsma, Y., Campbell, C.A., Desjardins, R.L., Ellert, B.H. and Smith, E.G. (2003). The fate of nitrogen in agroecosystems: An illustration using Canadian estimates. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **67**: 85-102.

NRCS (2006). Plant nutrient content database. Natural Resources Conservation Service. U. S. Dept. of Agriculture. Online at: <http://www.nrcs.usda.gov/technical/ECS/nutrient/tbb1.html>.

Reisinger, K., Haslinger, C., Herger, M. and Hofbauer, H. (1996). BIOBIB- a Database for Biofuels, THERMIE-Conference: Renewable Energy Databases, Harwell, United Kingdom. Online at: <http://www.vt.tuwien.ac.at/biobib/oxford.html>.

5. Avena

Janzen, H.H., Beauchemin, K.A., Bruinsma, Y., Campbell, C.A., Desjardins, R.L., Ellert, B.H. and Smith, E.G. (2003). The fate of nitrogen in agroecosystems: An illustration using Canadian estimates. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **67**: 85-102.

NRCS (2006). Plant nutrient content database. Natural Resources Conservation Service. U. S. Dept. of Agriculture. Online at: <http://www.nrcs.usda.gov/technical/ECS/nutrient/tbb1.html>.

Reisinger, K., Haslinger, C., Herger, M., Hofbauer, H. (1996). BIOBIB- a Database for Biofuels, THERMIE-Conference: Renewable Energy Databases, Harwell, United Kingdom. Online at: <http://www.vt.tuwien.ac.at/biobib/oxford.html>.

Wych, R.D. and Stuthman, D.D. (1983). Genetic improvement in Minnesota-adapted oat cultivars released since 1923. *Crop Sci.* **23**:879-881.

6. Mijo

NRCS (2006). Plant nutrient content database. Natural Resources Conservation Service. U. S. Dept. of Agriculture. Online at: <http://www.nrcs.usda.gov/technical/ECS/nutrient/tbb1.html>.

7. Sorgo

NRCS (2006). Plant nutrient content database. Natural Resources Conservation Service. U. S. Dept. of Agriculture. Online at: <http://www.nrcs.usda.gov/technical/ECS/nutrient/tbb1.html>.

8. Centeno

Janzen, H.H., Beauchemin, K.A., Bruinsma, Y., Campbell, C.A., Desjardins, R.L., Ellert, B.H. and Smith, E.G. (2003). The fate of nitrogen in agroecosystems: An illustration using Canadian estimates. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **67**: 85-102.

NRCS (2006). Plant nutrient content database. Natural Resources Conservation Service. U. S. Dept. of Agriculture. Online at: <http://www.nrcs.usda.gov/technical/ECS/nutrient/tbb1.html>.

9. Soja

NRCS (2006). Plant nutrient content database. Natural Resources Conservation Service. U. S. Dept. of Agriculture. Online at: <http://www.nrcs.usda.gov/technical/ECS/nutrient/tbb1.html>.

10. Alubias secas

Janzen, H.H., Beauchemin, K.A., Bruinsma, Y., Campbell, C.A., Desjardins, R.L., Ellert, B.H. and Smith, E.G. (2003). The fate of nitrogen in agroecosystems: An illustration using Canadian estimates. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **67**: 85-102.

11. Patatas

Heard, J. (2004). Nutrient accumulation and partitioning by potatoes in Manitoba. Proc. of 47th Annual Manitoba Society of Soil Science Meeting. Online at: <http://www.gov.mb.ca/agriculture/msss/2004/mss600.pdf>.

Janzen, H.H., Beauchemin, K.A., Bruinsma, Y., Campbell, C.A., Desjardins, R.L., Ellert, B.H. and Smith, E.G. (2003). The fate of nitrogen in agroecosystems: An illustration using Canadian estimates. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **67**: 85-102.

Thatcher, L.E. and Willard, C.J. (1962). Crop rotation and soil productivity. Ohio Agricultural Experiment Station Res. Bull. 907. Ohio State University.

Zvomuya, F., Rosen, C.J., Russelle, M.P. and Gupta, S.C. (2003). Nitrate leaching and nitrogen recovery following application of polyolefin-coated urea to potato. *Journal of Environmental Quality*, **32**: 480-489.

12. Cacahuetes

NRCS (2006). Plant nutrient content database. Natural Resources Conservation Service. U. S. Dept. of Agriculture. Online at: <http://www.nrcs.usda.gov/technical/ECS/nutrient/tbb1.html>.

13. Alfalfa

NRCS (2006). Plant nutrient content database. Natural Resources Conservation Service. U. S. Dept. of Agriculture. Online at: <http://www.nrcs.usda.gov/technical/ECS/nutrient/tbb1.html>.

Schmidt, W.H., Myers, D.K. and Van Keuren, R.W. (2001). Values of legumes for plowdown nitrogen. Extension Fact Sheet AGF-111-01. Ohio State University Extension. Online at: <http://ohioline.osu.edu/agf-fact/0111.html>.

Walley, F.L., Tomm, G.O., Matus, A., Slinkard, A.E. and van Kessel, C. (1996). Allocation and cycling of nitrogen in an alfalfa-bromegrass sward. *Agronomy Journal*, **88**: 834-843.

14. Heno no-leguminoso

NRCS (2006). Plant nutrient content database. Natural Resources Conservation Service. U. S. Dept. of Agriculture. Online at: <http://www.nrcs.usda.gov/technical/ECS/nutrient/tbb1.html>.

IV. Relación residuos subterráneos / biomasa aérea

1. Maíz

Bray, J.R. (1963). Root production and the estimation of net productivity. *Can. J. Bot.* **41**:65-72.

Bolinder, M.A., Angers, D.A., Giroux, M. and Laverdiere, M.R. (1999). Estimating C inputs retained as soil organic matter from corn (*Zea Mays* L.). *Plant and Soil* **215**:85-91.

Buyanovsky, G.A. and Wagner, G.H. (1986). Post-harvest residue input to cropland. *Plant and Soil* **93**:57-65.

Eghball, B. and Maranville, J.W. (1993). Root development and nitrogen influx of corn genotypes grown under combined drought and nitrogen stresses. *Agron. J.* **85**:147-152.

Follett, R.F., Allmaras, R.R. and Reichman, G.A. (1974). Distribution of corn roots in sandy soil with a declining water table. *Agron. J.* **66**:288-292.

Huggins, D.R., and Fuchs, D.J. (1997). Long-term N management effects on corn yield and soil C of an aquic haplustoll in Minnesota. In *Soil Organic Matter In Temperate Agroecosystems*. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.

Liang, B.C., Wang, X.L. and Ma, B.L. (2002). Maize root-induced change to soil organic pool. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **66**:845-847.

Qian, J.H., Doran, J.W. and Walters, D.T. (1997). Maize plant contributions to root zone available carbon and microbial transformations of nitrogen. *Soil Biol. Biochem.* **29**:1451-1462.

Shank, D.B. (1943). Top-root ratios of inbred and hybrid maize. *J. Am. Soc. Agron.*, pp. 976-986.

Tran, T.S. and Giroux, M. (1998). Fate of 15N-labelled fertilizer applied to corn grown on different soil types. *Canadian Journal of Soil Science*, **78**: 597-605.

Triplett, G.B. Jr. and Mannering, J.V. (1978). Crop residue management in crop rotation and multiple cropping systems. Chapter 11 in *Crop Residue Management Systems*. *Am. Soc. Agron. Spec. Pub.* No. 31.

Yiridoe, E.K., Voroney, R.P. and Weersink, A. (1997). Impact of alternative farm management practices on nitrogen pollution of groundwater: Evaluation and application of CENTURY Model. *J. Environ. Qual.* **26**:1255-1263.

2. Trigo

Barracough, P.B. (1984). The growth and activity of winter wheat roots in the field: root growth of high yielding crops in relation to shoot growth. *J. Agric. Sci., Camb.* **103**:439-442.

Barracough, P.B. and Leigh, R.A. (1984). The growth and activity of winter wheat roots in the field: the effect of sowing date and soil type on root growth of high yielding crops. *J. Agric. Sci., Camb.* **103**:59-74.

Bolinder, M.A., Angers, D.A. and Dubuc, J.P. (1997). Estimating shoot to root ratios and annual carbon inputs in soils for cereal crops. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **63**:61-67.

Bray, J.R. (1963). Root production and the estimation of net productivity. *Can. J. Bot.* **41**:65-72.

Buyanovsky, G.A. and Wagner, G.H. (1986). Post-harvest residue input to cropland. *Plant and Soil* **93**:57-65.

Campbell, C.A. and de Jong, R. (2001). Root-to-straw ratios – influence of moisture and rate of N fertilizer. *Can. J. Soil Sci.*, **81**: 39-43.

Campbell, C.A. and Zentner, R.P. (1997). Crop production and soil organic matter in long-term crop rotations in the semi-arid Northern Great Plains of Canada. In: *Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems*. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.

Gregory, P.J., McGowan, M., Biscoe, P.V. and Hunter, B. (1978). Water relations of winter wheat. 1. Growth of the root system. *J. Agric. Sci., Camb.* **91**:91-102.

Pederson, G.A., Brink, G.E. and Fairbrother, T.E. (2002). Nutrient uptake in plant parts of sixteen forages fertilized with poultry litter: Nitrogen, phosphorous, potassium, copper, and zinc. *Agron. J.* **94**:895-904.

Siddique, K.H.M., Belford, R.K. and Tennant, D. (1990). Root:shoot ratios of old and modern, tall and semi-dwarf wheats in a mediterranean environment. *Plant and Soil* **121**:89-98.

- Slobodian, N., Van Rees, K. and Pennock, D. (2002). Cultivation-induced effects on below-ground biomass and organic carbon. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **66**:924-930.
- Triplett Jr., G.B. and Mannering, J.V. (1978). Crop residue management in crop rotation and multiple cropping systems. Chapter 11 in *Crop Residue Management Systems. Am. Soc. Agron. Spec. Pub. No. 31.*
- Weir, A.H. and Barraclough, P.B. (1986). The effect of drought on the root growth of winter wheat and on its uptake from deep loam. *Soil Use And Management* **2**:91-96.
- 3. Arroz**
Cassman, K. G. (personal communication 2002) Agron. Dept, U. NE.
- Khokhar, M.F.K. and Pandey, H.N. (1976). Biomass, productivity and growth analysis of two varieties of paddy. *Trop. Ecol.* **17**:125-131.
- Shinano, T., Osaka, M., Yamada, S. and Tadano, T. (1994). Comparison of root growth and nitrogen absorbing ability between Gramineae and Leguminosae during the vegetative stage. *Soil Sci. Plant Nutr.* **40**:485-495.
- Turner, F.T. and McCauley, G.N. (1983). Rice. In: *Crop – Water Relations*. I.D.Teare and M.M. Peet (eds.). John Wiley and Sons, New York, pp 308-350.
- 4. Cebada**
Bolinder, M.A., Angers, D.A. and Dubuc, J.P. (1997). Estimating shoot to root ratios and annual carbon inputs in soils for cereal crops. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **63**:61-67.
- Bray, J.R. (1963). Root production and the estimation of net productivity. *Can. J. Bot.* **41**:65-72.
- Gregory, P.J. and Atwell, B.J. (1991). The fate of carbon in pulse-labeled crops of barley and wheat. *Plant and Soil* **136**:205-213.
- Gregory, P.J., Palta, J.A. and Batts, G.R. (1997). Root systems and root:mass ratio – carbon allocation under current and projected atmospheric conditions in arable crops.
- Hansson, A., Andren, O., Bostrom, U., Clarholm, M., Lagerlof, J., Lindberg, T., Paustian, K., Pettersson, R. and Sohlenius, B. (1989). Chapter 4. Structure of the agroecosystem. In: Andren O., Lindberg T., Paustian K., and Rosswall T. (eds.). *Ecology of arable land – organisms, carbon and nitrogen cycling. Ecol. Bull. (Copenhagen)* **40**:41-83.
- Heen, A. (1981). Root growth, transpiration and leaf-firing during water stress in barley: Breeding implications for drought resistance. In: *Barley Genetics IV. Proceedings of the Fourth International Barley Genetics Symposium*. Edinburgh Univ. Press.
- Shank, D.B. (1943). Top-root ratios of inbred and hybrid maize. *J. Am. Soc. Agron.*, pp. 976-986.
- Siddique, K.H.M., Belford, R.K. and Tennant, D. (1990). Root:shoot ratios of old and modern, tall and semi-dwarf wheats in a mediterranean environment. *Plant and Soil* **121**:89-98.
- Watson, D.J., Thorne, G.N. and French, S.A.W. (1958). Physiological causes of differences in grain yield between varieties of barley. *Annals of Botany* **87**:321-352.
- Xu, J.G. and Juma, N.G. (1992). Above- and below-ground net primary production of four barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars in western Canada. *Can. J. Plant Sci.* **72**:1131-1140.
- 5. Avena**
Bolinder, M.A., Angers, D.A. and Dubuc, J.P. (1997). Estimating shoot to root ratios and annual carbon inputs in soils for cereal crops. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **63**:61-67.
- Pederson, G.A., Brink, G.E. and Fairbrother, T.E. (2002). Nutrient uptake in plant parts of sixteen forages fertilized with poultry litter: Nitrogen, phosphorous, potassium, copper, and zinc. *Agron. J.* **94**:895-904.
- 6. Mijo**
Actualmente, no se dispone de datos sobre mijo.
- 7. Sorgo**
Actualmente, no se dispone de datos sobre sorgo.
- 8. Centeno**
Actualmente, no se dispone de datos sobre centeno.
- 9. Soja**
Follett, R.F., Allmaras, R.R. and Reichman, G.A. (1975). Soybean and corn rooting in Southwestern Minnesota: II. Root distributions and related water flow. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **39**:771-777.

- Buyanovsky, G.A. and Wagner, G.H. (1986). Post-harvest residue input to cropland. *Plant and Soil* **93**:57-65.
- Heatherly, L.G. (1980). Effect of upper-profile soil water potential on soybean root and shoot relationships. *Field Crops Research*, **3**:165-171.
- Mayaki, W.C., Teare, I.D. and Stone, L.R. (1976). Top and root growth of irrigated and nonirrigated soybeans. *Crop Sci.* **16**:92-94.
- Shinano, T., Osaki, M., Yamada, S. and Tadano, T. (1994). Comparison of root growth and nitrogen absorbing ability between Gramineae and Leguminosae during the vegetative stage. *Soil Sci. Plant Nutr.* **40**:485-495.
- Taylor, H.M., Mason, W.K., Bennie, A.T.P. and House, H.R. (1982). Responses of soybeans to two row spacings and two soil water levels. I. An analysis of biomass accumulation, canopy development, solar radiation interception and components of seed yield. *Field Crops Research*, **5**: 1-14.

10. Alubias secas

Actualmente, no se dispone de datos sobre alubias secas.

11. Patatas

Vangessel, M.J. and Renner, K.A. (1990). Redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) and barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) interference in potatoes (*Solanum tuberosum*). *Weed Science* **38**:338-343.

12. Cacahuetes

Actualmente, no se dispone de datos sobre cacahuetes.

13. Alfalfa

Paustian, K., Andren, O., Clarholm, M., Hansson, A.C., Johansson, G., Lagerlof, J., Lindberg, T., Pettersson, R. and Sohlenius, B. (1990). Carbon and nitrogen budgets of four agro-ecosystems with annual and perennial crops, with and without fertilization. *J. Appl. Ecol.* **27**:60-84.

14. Heno no-leguminoso

Paustian, K., Andren, O., Clarholm, M., Hansson, A.C., Johansson, G., Lagerlof, J., Lindberg, T., Pettersson, R. and Sohlenius, B. (1990). Carbon and nitrogen budgets of four agro-ecosystems with annual and perennial crops, with and without fertilization. *J. Appl. Ecol.* **27**:60-84.

V. Contenido de N de residuos subterráneos

1. Maíz

Sanchez, J.E., Paul, E.A., Willson, T.C., Smeenk, J. and Harwood, R.R. (2002). Corn root effects on the nitrogen-supplying capacity of a conditioned soil. *Agron. J.* **94**:391-396.

Subedi, K.D. and Ma, B.L. (2005). Nitrogen uptake and partitioning in stay-green and leafy-maize hybrids. *Crop Sci.* **45**:740-747.

Tran, T.S. and Giroux, M. (1998). Fate of 15N-labelled fertilizer applied to corn grown on different soil types. *Canadian Journal of Soil Science*, **78**: 597-605.

2. Trigo

Campbell, C.A., Cameron, D.R., Nicholaichuk, W. and Davidson, H.R. (1977). Effects of fertilizer N and soil moisture on growth, N content, and moisture use by spring wheat. *Can. J. Soil Sci.* **57**:289-310.

Pederson, G.A., Brink, G.E. and Fairbrother, T.E. (2002). Nutrient uptake in plant parts of sixteen forages fertilized with poultry litter: Nitrogen, phosphorous, potassium, copper, and zinc. *Agron. J.* **94**:895-904.

3. Arroz

Actualmente, no se dispone de datos sobre arroz.

4. Cebada

Dev, G. and Rennie, D.A. (1979). Isotope studies on the comparative efficiency of nitrogenous sources. *Aust. J. Soil Res.* **17**: 155-162.

Haugen-Kozyra, K., Juma, N.G. and Nyborg, M. (1993). Nitrogen partitioning and cycling in barley-soil systems under conventional and zero tillage in central Alberta. *Canadian Journal of Soil Science* **73**: 183-196.

5. Avena

Pederson, G.A., Brink, G.E. and Fairbrother, T.E. (2002). Nutrient uptake in plant parts of sixteen forages fertilized with poultry litter: Nitrogen, phosphorous, potassium, copper, and zinc. *Agron. J.* **94**:895-904.

6. Mijo

Actualmente, no se dispone de datos sobre mijo.

7. Sorgo

Cueto-Wong, J.A., Guldán, S.J., Lindemann, W.C. and Remmenga, M.D. (2001). Nitrogen recovery from ¹⁵N-labeled green manures: I. Recovery by forage sorghum and soil one season after green manure incorporation. *Journal of Sustainable Agriculture*, **17**:27-42.

8. Centeno

Pederson, G.A., Brink, G.E. and Fairbrother, T.E. (2002). Nutrient uptake in plant parts of sixteen forages fertilized with poultry litter: Nitrogen, phosphorous, potassium, copper, and zinc. *Agron. J.* **94**:895-904.

9. Soja

Thatcher, L.E. (1925). The soybean in Ohio. Ohio Agricultural Experiment Station. Bull. 384.

10. Alubias secas

Janzen, H.H., Beauchemin, K.A., Bruinsma, Y., Campbell, C.A., Desjardins, R.L., Ellert, B.H. and Smith, E.G. (2003). The fate of nitrogen in agroecosystems: An illustration using Canadian estimates. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **67**: 85-102.

11. Patatas

Lander, C.H., Moffitt, D. and Alt, K. (1998). Nutrients available from livestock manure relative to crop growth requirements. Resource Assessment and Strategic Planning Working paper 98-1. USDA Natural Resource Conservation Service. <http://www.nhq.nrcs.usda.gov/land/pubs/nlweb.html>

Zvomuya, F., Rosen, C.J., Russelle, M.P. and Gupta, S.C. (2003). Nitrate leaching and nitrogen recovery following application of polyolefin-coated urea to potato. *Journal of Environmental Quality*, **32**: 480-489.

12. Cacahuetes

Actualmente, no se dispone de datos sobre cacahuetes.

13. Alfalfa

Baron, V., Young, D.Y. and Ullmann, C. (2001). Can pasture slow down global warming? Western Forage/Beef Group, 5: 3-6. Online at: [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/newslett.nsf/all/wfbg38](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/newslett.nsf/all/wfbg38).

Bowren, K.E., Cooke, D.A. and Downey, R.K. (1969). Yield of dry matter and nitrogen from tops and roots of sweetclover, alfalfa, and red clover at five stages of growth. *Canadian Journal of Plant Science*, **49**: 61-69.

Pederson, G.A., Brink, G.E. and Fairbrother, T.E. (2002). Nutrient uptake in plant parts of sixteen forages fertilized with poultry litter: Nitrogen, phosphorous, potassium, copper, and zinc. *Agron. J.* **94**:895-904.

Schmidt, W.H., Myers, D.K. and Van Keuren, R.W. (2001). Values of legumes for plowdown nitrogen. Extension Fact Sheet AGF-111-01. Ohio State University Extension. Online at: <http://ohioline.osu.edu/agf-fact/0111.html>.

Walley, F.L., Tomm, G.O., Matus, A., Slinkard, A.E. and van Kessel, C. (1996). Allocation and cycling of nitrogen in an alfalfa-bromegrass sward. *Agronomy Journal*, **88**: 834-843.

14. Heno no-leguminoso

Campbell, C.A., Biederbeck, V.O., Zentner, R.P. and Lafond, G.P. (1991). Effect of crop rotations and cultural practices on soil organic matter, microbial biomass and respiration in a thin Black Chernozemic soil. *Canadian Journal of Soil Science*, **71**: 363-376.

Christian, J.M. and Wilson, S.D. (1999). Long-term ecosystem impacts of an introduced grass in the Northern Great Plains. *Ecology*, **80**: 2397-2407.

Pederson, G.A., Brink, G.E. and Fairbrother, T.E. (2002). Nutrient uptake in plant parts of sixteen forages fertilized with poultry litter: Nitrogen, phosphorous, potassium, copper, and zinc. *Agron. J.* **94**:895-904.

Schmidt, W.H., Myers, D.K. and Van Keuren, R.W. (2001). Values of legumes for plowdown nitrogen. Extension Fact Sheet AGF-111-01. Ohio State University Extension. Online at: <http://ohioline.osu.edu/agf-fact/0111.html>.

Walley, F.L., Tomm, G.O., Matus, A., Slinkard, A.E. and van Kessel, C. (1996). Allocation and cycling of nitrogen in an alfalfa-bromegrass sward. *Agronomy Journal*, **88**: 834-843.

Referencias

- Aitkenhead-Peterson, J.A., Alexander, J.E. and Clair, T.A. (2005). Dissolved organic carbon and dissolved organic nitrogen export from forested watersheds in Nova Scotia: Identifying controlling factors. *Global Biogeochemical Cycles*, **19**, GB4016, doi:10.1029/2004GB002438.
- Akiyama, H., Yagi, K. and Yan, X. (2005). Direct N₂O emission from rice paddy fields: Summary of available data. *Glob. Biogeochem. Cycles*, **19**(1), art. no. GB1005.
- Alm, J., Saarnio, S., Nykanen, H., Silvola, J. and Martikainen, P.J. (1999). Winter CO₂, CH₄ and N₂O fluxes on some natural and drained boreal peatlands. *Biogeochem.* **44**, 163-186.
- Bouwman, A.F. (1996). Direct emissions of nitrous oxide from agricultural soils. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, **46**, 53-70.
- Bouwman, A.F., Boumans, L.J.M. and Batjes, N.H. (2002a). Emissions of N₂O and NO from fertilised fields: Summary of available measurement data. *Glob. Biogeochem. Cycles*, **16**(4), art. no. 1058.
- Bouwman, A.F., Boumans, L.J.M. and Batjes, N.H. (2002b). Modeling global annual N₂O and NO emissions from fertilised fields. *Glob. Biogeochem. Cycles*, **16**(4), art. no. 1080.
- Brumme, R., Borken, W. and Finke, S. (1999). Hierarchical control on nitrous oxide emission in forest ecosystems. *Global Biochem. Cycles* **13**, 1137-1148.
- Butterbach-Bahl, K., Gasche, R., Breuer, L. And Papen, H. (1997). Fluxes of NO and N₂O from temperate forest soils: impact of forest type, N deposition and of liming on the NO and N₂O emissions. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* **48**, 79-90.
- Clough, T., Bertram, J.E., Sherlock, R.R., Leonard, R.L. and Nowicki, B.L. (2006). Comparison of measured and EF5-r-derived N₂O fluxes from a spring-fed river. *Glob. Change Biol.* **12**, 477-488.
- Corre, M.D., Pennock, D.J., van Kessel, C., and Elliott, D.K. (1999). Estimation of annual nitrous oxide emissions from a transitional grassland-forest region in Saskatchewan, Canada. *Biogeochem.* **44**, 29-49.
- Davies, M.G., Smith, K.A. and Vinten, A.J.A. (2001). The mineralisation and fate of N following ploughing of grass and grass-clover swards. *Biol. Fertil. Soils*, **33**, 423-434.
- de Klein, C.A.M. (2004). Review of the N₂O emission factor for excreta deposited by grazing animals (EF_{3PRP}). Paper prepared as part of the 2006 Revised Guidelines for Greenhouse Gas Inventories of IPCC.
- Denier van der Gon, H. and Bleeker, A. (2005). Indirect N₂O emission due to atmospheric N deposition for the Netherlands. *Atmos. Environ.* **39**, 5827-5838.
- Dong, L.F., Nedwell, D.B., Colbeck, I. and Finch, J. (2004). Nitrous oxide emission from some English and Welsh rivers and estuaries. *Water Air Soil Pollution: Focus* **4**, 127-134.
- FAO (1998). World Reference Base for Soil Resources. World Soil Resources Reports 84. FAO, Rome. 88pp. (ISBN 92-5-104141-5).
- Garten, C.T., Cooper, L.W., Post, W.M. and Hanson, P.J. (2000). Climate controls on forest soil C isotope ratios in the southern Appalachian mountains. *Ecology*, **81**, 1108-1119.
- Hiscock, K.M., Bateman, A.S., Fukada, T. and Dennis, P.F. (2002). The concentration and distribution of groundwater N₂O in the Chalk aquifer of eastern England. In: Van Ham, J., Baede, A.P.M., Guicherit, R. and Williams-Jacobse, J.G.F.M. (eds.), Proc. 3rd Internat. Symp. Non-CO₂ Greenhouse Gases, Maastricht, The Netherlands, 185-190.
- Hiscock, K.M., Bateman, A.S., Muhlherr, I.H., Fukada, T. and Dennis, P.F. (2003). Indirect emissions of nitrous oxide from regional aquifers in the United Kingdom. *Environ. Sci. Technol.* **37**, 3507-3512.
- IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories. Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Tréanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. Callander B.A. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA, Paris, Francia.
- IPCC (2000). Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K., Tanabe K. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan.
- IPCC (2003). Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Penman J., Gytarsky M., Hiraishi T., Krug, T., Kruger D., Pipatti R., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K., Wagner F. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/IGES, hayama, Japan.

- John, B., Yamashita, T., Ludwig, B. and Flessa, H. (2005). Storage of organic carbon in aggregate and density fractions of silty soils under different types of land use. *Geoderma*, **128**, 63-79.
- Klemetsson, L., Kasimir Klemetsson, A., Escala, M. and Kulmala, A. (1999). Inventory of N₂O emission from farmed European peatlands. In: Freibauer, A. and Kaltschmitt, M. (eds.), *Approaches to Greenhouse Gas Inventories of Biogenic Sources in Agriculture*, Proc. Workshop at Lökeberg, Sweden, 9-10 July 1998, pp. 79-91.
- Klemetsson, L., Weslien, P., Arnold, K., Agren, G., Nilsson, M. and Hanell, B. (2002). Greenhouse gas emissions from drained forests in Sweden. In: Olsson M. (ed.) *Land-use strategies for reckoning net greenhouse gas emissions*. Mistra Programme: Progress report 1999 – 2002. Swedish Univ. Agric. Sciences, Uppsala: pp. 44-67.
- Lobe, I., Amelung, W. and Du Preez, C.C. (2001). Losses of carbon and nitrogen with prolonged arable cropping from sandy soils of the South African Highveld. *European Journal of Soil Science*, **52**, 93-101.
- Laine, J., Silvola, J., Tolonen, K., Alm, J., Nykanen, H., Vasander, H., Sallantausta, T., Savolainen, I., Sinisalo, J., and Martikainen, P.J. (1996). Effect of water-level drawdown on global climatic warming – northern peatlands. *Ambio* **25**, 179-184.
- Martikainen, P.J., Nykanen, H., Alm, J., and Silvola, J. (1995). Change in fluxes of carbon dioxide, methane and nitrous oxide due to forest drainage of mire sites of different trophy. *Plant Soil* **169**, 571-577.
- Minkinen, K., Korhonen, K., Savolainen, I. and Laine, J. (2002). Carbon balance and radiative forcing of Finnish peatlands 1900-2100: the impact of forestry drainage. *Glob. Change Biol.* **8**, 785-799.
- Novoa, R. and Tejeda, H.R. (2006) Evaluation of the N₂O emissions from N in plant residues as affected by environmental and management factors. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* (in press).
- Reay, D.S., Smith, K.A. and Edwards A.C. (2004). Nitrous oxide in agricultural drainage waters following field fertilisation. *Water Air Soil Pollution: Focus*, **4**, 437-451.
- Reay, D., Smith, K.A., Edwards, A.C., Hiscock, K.M., Dong, L.F. and Nedwell, D. (2005). Indirect nitrous oxide emissions: revised emission factors. *Environ. Sciences*, **2**, 153-158.
- Regina, K., Nykänen, H., Silvola, J. and Martikainen, P.J. (1996). Nitrous oxide production in boreal peatlands of different hydrology and nutrient status. In: *Northern peatlands in global climatic change*. Proc. Internat. Workshop, Academy of Finland, Hyytiälä: pp. 158-166.
- Robertson, G.P. and Grace, P.R. (2004). Greenhouse gas fluxes in tropical and temperate agriculture: the need for a full-cost accounting of global warming potentials. *Environ. Develop. Sustain.* **6**, 51-63.
- Rochette, P. and Janzen, H.H. (2005). Towards a revised coefficient for estimating N₂O emissions from legumes. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, **73**, 171-179.
- Snowdon, P., Ryan, P. and Raison, J. (2005). Review of C:N ratios in vegetation, litter and soil under Australian native forests and plantations. *National Carbon Accounting System Technical Report No. 45*, Australian Greenhouse Office, Canberra.
- Sawamoto, T., Nakajima, Y., Kasuya, M., Tsuruta, H. and Yagi, K. (2005). Evaluation of emission factors for indirect N₂O emission due to nitrogen leaching in agro-ecosystems. *Geophys. Res. Lett.* **32**(3), doi:10.1029/2004GL021625.
- Smith, K.A. and Conen, F. (2004). Impacts of land management on fluxes of trace greenhouse gases. *Soil Use Manage.*, **20**, 255-263.
- Stehfest, E. and Bouwman, L. (2006). N₂O and NO emission from agricultural fields and soils under natural vegetation: summarizing available measurement data and modeling of global annual emissions. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* **74**, 207-228.
- van der Weerden, T.J., Sherlock, R.R., Williams, P.H. and Cameron, K.C. (1999). Nitrous oxide emissions and methane oxidation by soil following cultivation of two different leguminous pastures. *Biol. Fertil. Soils*, **30**, 52-60.
- West, T.O. and McBride, A.C. (2005). The contribution of agricultural lime to carbon dioxide emission in the United States: dissolution, transport, and net emissions. *Agric. Ecosyst. Environ.* **108**, 145-154.

CAPÍTULO 12

PRODUCTOS DE MADERA RECOLECTADA

Autores

Kim Pingoud (Finlandia) y Kenneth E. Skog (Estados Unidos)

Daniel L. Martino (Uruguay), Mario Tonosaki (Japón) y Zhang Xiaoquan (China)

Autor colaborador

Justin Ford-Robertson (Nueva Zelanda)

Índice

12	Productos de madera recolectada (PMR)	6
12.1	Introducción	6
12.2	Cuestiones metodológicas	9
12.2.1	Elección del método	9
12.2.1.1	Nivel 1	10
Figura 12.1	Árbol de decisiones para declarar un <i>Aporte de PMR</i> de cero o seleccionar un nivel ...	11
12.2.1.2	Nivel 2: Utilización de los datos del país	16
12.2.1.3	Nivel 3: Métodos específicos del país	16
12.2.1.4	Estimación de la liberación de carbono a la atmósfera a partir de las variables de PMR	17
12.2.1.5	Estimación del carbono liberado a la atmósfera en forma de CO ₂	18
12.2.2	Elección de los factores de emisión	18
12.2.3	Elección de los datos de la actividad	18
12.3	Evaluación de incertidumbre	22
12.4	Garantía de calidad / Control de calidad	24
12.5	Exhaustividad	24
12.6	Generación de informes y documentación	25
12.7	Cuadros para la generación de informes y hojas de trabajo	25
Anexo 12.A.1	Algunos métodos	27

Ecuaciones

Ecuación 12.1	Estimación de las existencias de carbono y su cambio anual en los depósitos de PMR del país declarante	12.12
Ecuación 12.2	Estimación de los productos de PMR que se producen anualmente a partir del consumo nacional	12.12
Ecuación 12.3	Estimación de los productos de PMR que se producen anualmente a partir de la recolección nacional ..	12.13
Ecuación 12.4	Estimación del cambio anual en el carbono en los PMR de los SEDS nacionales donde los PMR provienen de la recolección nacional	12.15
Ecuación 12.5	Estimación de la liberación de carbono mediante las variables de PMR	12.17
Ecuación 12.6	Ecuación para estimar las variables de producción, importaciones o exportaciones del Cuadro 12.5 para los años anteriores a 1961	12.19
Ecuación 12A.1	Emisiones procedentes de AFOLU por el Método de cambio de existencias	12.28
Ecuación 12A.2	Método de cambio de existencias: <i>Aporte de PMR</i>	12.28
Ecuación 12A.3	Emisiones de AFOLU según el Método del flujo atmosférico	12.29
Ecuación 12A.4	Método del flujo atmosférico: <i>Aporte de PMR</i>	12.30
Ecuación 12A.5	Emisiones procedentes de AFOLU según el Método de producción	12.31

Ecuación 12A.6 Método de producción: <i>Aporte de PMR</i>	12.31

Figuras

Figura 12.1	Árbol de decisiones para declarar un <i>Aporte de PMR</i> de cero o seleccionar un nivel.	12.11
Figura 12.A.1	Límite del sistema del método de cambio de existencias	12.27
Figura 12.A.2	Límite del sistema del método del flujo atmosférico.....	12.29
Figura 12.A.3	Límite del sistema del método de la producción.	12.30

Cuadros / Hojas de trabajo

Cuadro 12.1	Variables de PMR usadas para estimar el <i>Aporte de PMR</i> anual a las emisiones/absorciones de CO ₂ del sector AFOLU	12.9
Cuadro 12.2	Vidas medias por defecto para los depósitos de carbono de «productos en uso» y fracción asociada que se retiene cada año	12.18
Cuadro 12.3	Índices anuales estimados de aumento para la producción de rollizos industriales (recolección) por región mundial correspondientes al período comprendido entre 1900 y 1961	12.19
Cuadro 12.4	Factores por defecto para convertir unidades de productos en carbono	12.20
Cuadro 12.5	Datos de la actividad de ONU FAO necesarios para las variables de Nivel 1 y factores de conversión por defecto	12.21
Cuadro 12.6	Incertidumbre asociada con los datos de la actividad y los parámetros (factores de emisión) para el método de Nivel 1, para estimar las cinco variables de PMR anuales.....	12.23
Cuadro 12.7	Datos de antecedentes por sectores para AFOLU	12.26
Cuadro A12.1	Resumen del modo de computar el <i>Aporte de PMR</i> usando las variables del Cuadro 12.7	12.32

12 PRODUCTOS DE MADERA RECOLECTADA (PMR)

En la actualidad, existen diferentes y numerosos métodos para declarar el almacenamiento de carbono en productos de madera, así como su posterior liberación en forma de CO₂ (véase, p. ej., Brown *et al.*, 1998; y Ford-Robertson, 2003; en el Anexo 12A.1). En este capítulo no se prefiere ninguno de ellos, ni se intenta prejuzgar si éstos, o cualquier otro método, deben ser utilizados para dar cuenta de dichos almacenamiento y emisión¹.

Esta orientación se concentra en algunas de las variables necesarias para métodos en particular y muestra de qué forma se las puede estimar a partir de los datos por defecto o de datos específicos del país más detallados. A pesar de que algunas de estas variables son cambios en las existencias, no debe interpretarse que la orientación implica que los abordajes respecto de los cambios en las existencias son mejores o peores que cualquier otro abordaje; las variables que se analizan en el presente son tan solo herramientas necesarias para estimar las cantidades que exigen los diversos métodos de declaración individual.

En general, la orientación que aquí se brinda supone que la cantidad de material de madera en uso se reduce tras una descomposición de primer orden: tampoco en este caso es la única hipótesis posible. Entre las diferentes posibilidades se incluyen la descomposición lineal y los métodos más detallados basados en estudios del uso real de estos materiales. Una vez más, no hay preferencia implícita por este método.

Este texto:

- clarifica la opción de declaración «nula»;
- proporciona métodos por defecto de Nivel 1 y orientación sobre los Niveles superiores; y
- ofrece orientación sobre la declaración, independientemente del método de contabilización utilizado.

Los métodos alternativos para estimar y declarar el aporte de los PMR a las emisiones / absorciones de CO₂ de AFOLU anuales (que se denominará *Aporte de PMR*) que fueron propuestos difieren en su forma de asignar el *Aporte de PMR* entre los países productores y consumidores de madera, y en qué procesos se concentran (flujos atmosféricos o cambios en las existencias). Por lo tanto, arrojan resultados diferentes para el total de emisiones o absorciones de CO₂ anuales en AFOLU que un país dado puede declarar en un determinado año (véase el Anexo 12A.1). Las diferencias se basan, en parte, en diferentes interpretaciones de algunos términos clave tales como emisiones / absorciones o fuente / sumidero del marco de declaración del sector AFOLU (Cowie *et al.*, 2006). La estimación, declaración y contabilización del *Aporte de PMR* se encuentra en estudio por parte de la CMNUCC.

Los métodos identificados son mutuamente exclusivos en el sentido de que una estimación mundial o regional del *Aporte de PMR* anual solo sería correcto si todos los países suministraran estimaciones usando el mismo método.

12.1 INTRODUCCIÓN

Gran parte de la madera cosechada de las tierras forestales, de cultivo y de otros tipos de usos de la tierra permanece en los productos durante períodos de tiempo de diferente duración. En este capítulo se proporciona una orientación para estimar y declarar el aporte de estos productos de madera recolectada (PMR) a las emisiones / absorciones de CO₂ de AFOLU anuales.

PMR incluye todo el material de madera (incluida la corteza) que abandona los sitios de recolección. La broza y otro material que queda en los sitios de recolección debe considerarse materia orgánica muerta en la categoría correspondiente de uso de la tierra de los Capítulos 4, 5, 6, 8 y 9 de las *Directrices* y no PMR. Los PMR constituyen un reservorio de carbono². El tiempo durante el cual se conserva el carbono en los productos varía

¹ La OSACT 21 señaló: «...la intención del IPCC de desarrollar -a los fines de compilar inventarios de GEI en virtud de la CMNUCC- métodos neutrales en relación con los abordajes potenciales de contabilización para los productos de madera recolectada (FCCC/SBSTA/2004/13, pp 7-8, para 30.) La idea de desarrollar un conjunto neutral de variables de PMR fue sugerida por los participantes de un taller sobre PMR solicitado por OSACT que se realizara en Lillehammer, Noruega. «...los participantes destacaron la necesidad de desarrollar un conjunto de métodos neutros respecto de los abordajes, el cual, por ejemplo, podría incluir orientación metodológica sobre un conjunto mínimo de «cantidades» necesarias para estimar las emisiones y absorciones en virtud de cualquier abordaje.» (UNFCCC, 2004).

² El Artículo 1 de la CMNUCC define el término reservorio de la siguiente manera: «Reservorio» significa un componente o varios componentes del sistema climático en el cual se almacena un gas de efecto invernadero o un precursor de un gas de efecto invernadero.

según el producto y sus usos. Por ejemplo, la madera combustible y los residuos de la planta pueden quemarse en el año de la cosecha; es probable que muchos tipos de papel tengan una vida útil en usos de menos de 5 años, lo cual puede incluir el reciclado del papel; y la madera aserrada o los paneles usados en edificios pueden conservarse durante décadas, hasta más de 100 años. Los PMR descartados pueden depositarse en sitios de eliminación de desechos sólidos (SEDS), donde pueden persistir por periodos prolongados. Debido a este almacenamiento en productos en uso y en los SEDS, la oxidación de los productos de madera recolectada en un año dado puede ser menos, o quizá más, que la cantidad total de madera recolectada en tal año. En todo el mundo –según un estudio realizado por Winjum *et al.* (1998) y un informe de la secretaria de la CMNUCC (2003)- la cantidad de carbono que se conserva en los productos de madera recolectada tiende a aumentar.

Las *Directrices del IPCC de 1996* (IPCC, 1997) no proporcionaron métodos para estimar el carbono retenido en los PMR y recomendaron, a los fines de efectuar cálculos básicos, una hipótesis por defecto expresada como «... toda la biomasa de carbono recolectada se oxida en el año de la extracción [cosecha]»³. Esto se basó en la percepción de que las existencias de PMR no cambian. Es decir, el flujo de entrada y de salida anual de carbono para el reservorio de PMR se suponía igual y se podría reemplazar la oxidación de las existencias de productos de madera preexistentes (y, por lo tanto, omitirse) mediante una oxidación implícita justo después de la cosecha. Más precisamente, por lo tanto la hipótesis por defecto del IPCC fue que las entradas al reservorio de PMR son equivalentes a las salidas. Dado que la única salida significativa es la oxidación, significa que la cantidad de oxidación es igual a la cosecha, donde la primera incluye la oxidación de parte de la madera recolectada en el año actual y la oxidación de parte de los PMR destinados a la utilización en años anteriores.

Puesto que, en general, las entradas no equivalen a las salidas y que el carbono puede permanecer almacenado en los PMR por largos periodos, es necesario tomar en cuenta este tiempo de almacenamiento al proporcionar directrices para estimar el aporte de los PMR a las emisiones / absorciones de CO₂ del sector AFOLU.

En este capítulo también se presenta orientación sobre el momento en el que un país puede declarar un *Aporte de PMR* como cero, sin necesariamente efectuar estimaciones detalladas. Esta orientación difiere de la provista en la orientación anterior del IPCC⁴

Las estimaciones del *Aporte de PMR* están diseñadas para ser coherentes con las correspondientes a otros sectores de estas directrices, específicamente:

1. todo el CO₂ liberado de los PMR se incluye en sector AFOLU;
2. el CO₂ liberado de la madera quemada para energía en el Sector Energía no se incluye en los totales de este sector (aunque las emisiones de CO₂ procedentes de los biocombustibles se declaran como elemento recordatorio a los fines de GC/CC). el CH₄ y otros gases de los PMR usados para energía se incluye en el Sector Energía;
3. el CO₂ liberado de los PMR en los SEDS no se incluye en los totales del Sector Desechos, aunque las emisiones de CH₄ de los PMR sí están incluidas.

Los métodos del presente capítulo estiman la liberación del carbono: puede contabilizarse este carbono como emisiones de metano en el Sector Desechos. Este posible cómputo doble de la liberación de carbono a la atmósfera puede corregirse restando el carbono emitido en las emisiones de metano de los PMR en los vertederos, de las emisiones de carbono estimadas en este capítulo (véase la orientación acerca de la forma de efectuar una corrección opcional en la Sección 12.2.1.5).

Para efectuar las estimaciones del *Aporte de PMR* para los diversos métodos, existe un conjunto genérico de variables anuales que puede utilizarse. Por medio de las estimaciones de estas variables anuales, es posible estimar el *Aporte de PMR* para cualquiera de los métodos propuestos actualmente (véase el Anexo 12.A1). Si bien no se necesitan todos los datos para todos los métodos, el juego completo permitiría adoptar cualquiera de los métodos propuestos. Las mencionadas «Variables de PMR» son:

1. El cambio anual en las existencias de carbono en los PMR en el país declarante, incluidas las existencias de PMR procedentes tanto de la cosecha nacional como de las importaciones (Gg de carbono por año)
2. El cambio anual en las existencias de carbono de los PMR fabricados con la madera recolectada en el país declarante, incluido el cambio anual en las existencias de carbono en los PMR exportados a otros países (Gg de carbono por año)
3. Las importaciones anuales de todos los tipos de madera y papeles al país declarante (Gg de carbono por año)

³ 1996 IPCC Guidelines (Vol. III, p.5.17, Recuadro 5)

⁴ Las *Directrices del IPCC de 1996* recomendaban que el almacenamiento de carbono en productos del bosque debía incluirse en el inventario nacional solo en el caso de que el país pudiera documentar que las existencias presentes de productos del bosque a largo plazo realmente estuvieran en aumento.

4. Las exportaciones anuales de todos los tipos de madera y papeles desde el país declarante (Gg de carbono por año)
5. La recolección anual para productos de madera en el país declarante ⁵ (Gg de carbono por año).

Este capítulo proporciona métodos para estimar estas variables de PMR que luego pueden usarse, según los requisitos de los diferentes métodos, para estimar el *Aporte de PMR* a las emisiones / absorciones de CO₂ del sector AFOLU. En el presente capítulo se incluyen métodos por niveles que los países pueden usar anualmente para estimar las variables de PMR para cualquier año comprendido entre 1990 y el año actual. Para ello, se necesitan datos correspondientes a los años anteriores a 1990, como se explica a continuación. Para el Nivel 1, se sugieren valores por defecto para todos los datos de la actividad y los parámetros necesarios. Se incluyen hojas de trabajo de Excel para instrumentar los cálculos y producir el Cuadro de antecedentes por sectores 12.7. Este cuadro indica de qué forma pueden utilizarse estas variables para estimar el *Aporte de PMR* según los métodos alternativos. El Cuadro 12.7 muestra las variables de PMR estimadas en Gg C año⁻¹ y utiliza estos valores para calcular el *Aporte de PMR* y convierte la cantidad del aporte en Gg CO₂ año⁻¹ multiplicándola por $-44/12$. Un valor negativo de *Aporte de PMR* reduce las emisiones totales del sector AFOLU y uno positivo aumenta el total de emisiones procedentes de dicho sector.

Si los países proporcionan todas las variables de PMR del Cuadro 12.7 en el Cuadro de declaración de antecedentes de AFOLU 3.10, es posible calcular el *Aporte de PMR* de cada país para cualquiera de los métodos.

El Anexo 12A.1 de este capítulo proporciona ejemplos de algunos métodos y del modo de usar las variables de PMR para estimar el *Aporte de PMR*. En este capítulo no se ofrece una orientación sobre la selección de un método individual para que utilice un país. La sección 12.6 indica opciones para declarar el *Aporte de PMR* en los informes de inventario del país. Entre las opciones para declarar se incluye el cero como *Aporte de PMR*.

Además de indicar la forma de combinar las variables de PMR para estimar el *Aporte de PME* a las emisiones y absorciones de CO₂ de AFOLU, se incluye información en la Sección 12.2.1.4 sobre la forma de calcular la liberación anual de carbono a la atmósfera de las cinco variables de PMR.

Se presentan las estimaciones de liberación de carbono de los PMR para indicar claramente el papel que desempeña la liberación anual de carbono de los PMR en todo el sistema de AFOLU de absorciones y liberación de carbono. Mostrar la liberación anual de carbono demuestra explícitamente de qué forma se compara con la cosecha anual. Las variables de liberación de carbono utilizadas en la Sección 12.2.1.4 son las siguientes:

- $\uparrow C_{PMR\ DC}$ = liberación anual de carbono a la atmósfera de los PMR contenidos en el país declarante. Incluye la liberación de carbono de toda la madera recolectada y conservada en el país y de las importaciones de madera al país, pero excluye las exportaciones Gg año⁻¹. Esta cantidad de liberación de carbono corresponde a $(E + E_W)$ de las Figuras 12A.1 y 12A.2 del Anexo.
- $\uparrow C_{PMR\ DH}$ = liberación anual de carbono a la atmósfera de los PMR que provienen de la madera recolectada en el país declarante. Incluye la liberación de carbono de toda la madera recolectada en el país, incluso la que se exporta, pero a excepción de las importaciones, Gg año⁻¹. Esta cantidad de carbono liberado corresponde a $(E_{DOM} + E_{EX\ DOM})$ de la Figura 12A.3 del Anexo.

DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES

Los métodos de Nivel 1 y 2 ofrecen estimaciones anuales para un conjunto de cinco variables que pueden utilizarse para estimar el *Aporte de PMR* para diferentes métodos. Dos de las variables tienen dos partes, correspondientes a las sumas anuales a los a) PMR contenidos en los «productos en uso» y b) PMR existentes en los sitios de eliminación de desechos sólidos (SEDS). En el Cuadro 12.1 se presentan las variables. Mientras que las variables 1A, 1B, 2A y 2B son cambios en las existencias, no implica que el *Aporte de PMR* declarado ni ningún otro dato sea un cambio en las existencias: simplemente se trata de elementos que pueden usarse para calcular los resultados deseados en diferentes métodos de contabilización. Los compiladores del inventario también deben recordar que los métodos de contabilización modificados o nuevos pueden cambiar las variables de PMR necesarias y la forma de estimarlas. Por ejemplo, podría haber cambios en lo que se incluye en los PMR o en la forma de asignar la descomposición de las existencias entre los países declarantes. Para los métodos identificados, la Ecuación 12.5 muestra la relación existente entre estas variables de PMR y dos estimaciones de liberación de carbono a la atmósfera de los PMR. La relación existente entre las variables puede verse en los diagramas de flujo de las Figuras 12A.1, 12A.2 y 12A.3 del Anexo.

⁵ La recolección anual de productos incluye toda la madera y la corteza recogidas para productos, incluido el combustible de todas las categorías de la tierra y no solo de las tierras forestales. No incluye la madera talada y dejada en los sitios de recolección. En algunos países, otras partes del árbol, tales como las ramas y las agujas y raíces o cepas se recopilan y usan para bioenergía. Deben incluirse todas estas partes del árbol. Véase el texto de la Sección 12.2.1.1 para estimar la cosecha que indica de qué forma está conectada con las estimaciones de $L_{\text{recogidas\_de\_maderas}}$ y $L_{\text{madera-combustible}}$ en los Capítulos 2 y 4.

CUADRO 12.1 VARIABLES DE PMR USADAS PARA ESTIMAR EL APOORTE DE PMR ANUAL A LAS EMISIONES/ABSORCIONES DE CO₂ DEL SECTOR AFOLU		
Definición de la variable	Nombres de las variables	
	PMR contenidos en los «productos en uso»	PMR en SEDS
1. Cambio anual en las existencias de carbono en a) PMR en uso y b) en PMR en sitios de eliminación de desechos sólidos en el país declarante; se trata del contenido de madera proveniente del consumo nacional de productos, $\Delta C_{PMR\ DC} = \Delta C_{PMR\ IU\ DC} + \Delta C_{PMR\ SEDS\ DC}$	Variable 1A $\Delta C_{PMR\ IU\ DC}$	Variable 1B $\Delta C_{PMR\ SEDS\ DC}$
2. Cambio anual en las existencias de carbono en a) PMR en uso y b) en PMR en sitios de eliminación de desechos sólidos donde la madera de los productos provino de la cosecha nacional ; árboles cosechados en el país declarante, lo que incluye PMR exportados a otros países, $\Delta C_{PMR\ DH} = \Delta C_{PMR\ IU\ DH} + \Delta C_{PMR\ SEDS\ DH}$	Variable 2A $\Delta C_{PMR\ IU\ DH}$	Variable 2B $\Delta C_{PMR\ SEDS\ DH}$
3. Carbono en las importaciones anuales de PMR al país declarante, incluido todo el material basado en la madera: rollizos, productos macizos, papel, pulpa y papel recuperado	P_{IM}	
4. Carbono en las exportaciones anuales de PMR desde el país declarante, incluido todo el material basado en la madera: rollizos, productos macizos, papel, pulpa y papel recuperado	P_{EX}	
5. Carbono en la cosecha anual de rollizos para productos – madera eliminada de los sitios de recolección en el país declarante, incluida la madera combustible	H	

12.2 CUESTIONES METODOLÓGICAS

12.2.1 Elección del método

Esta sección proporciona:

1. Orientación sobre cuándo es coherente con la buena práctica declarar un valor de Aporte de PMR de cero;⁶
2. Orientación sobre cuándo es coherente con la buena práctica suponer que el cambio anual en el carbono de PMR de los SEDS es cero (es decir, suponer que la liberación anual de carbono de los SEDS es la misma que las adiciones de PMR a los SEDS); y
3. Tres niveles de métodos para estimar las cinco variables de PMR que pueden usarse para calcular el Aporte de PMR. La Figura 12.1 presenta un árbol de decisión como guía para realizar estas elecciones.

El *Aporte de PMR* puede declararse como cero si el compilador del inventario juzga que el cambio anual del carbono en las existencias de PMR es insignificante. Pueden considerarse las existencias del país (Variable 1A + Variable 1B), o el cambio anual del carbono en las existencias de PMR que se origina en la madera recolectada en el país (incluidos los PMR exportados) (variable 2A + variable 2B). El término «insignificante» en este contexto significa que el cambio anual en el carbono de las existencias de PMR, usando una de las medidas antes presentadas del cambio de carbono, es de un tamaño comparable con el de una categoría principal. Se alienta a los países a utilizar los métodos de Nivel 1 para estimar las variables de PMR para ayudar a juzgar si el cambio anual es insignificante. Las partes que deseen declarar el *Aporte de PMR* al sector AFOLU con acento en los flujos de carbono hacia la atmósfera y desde ésta, quizá quieran declarar los PMR aunque no haya cambios significativos en las existencias.

Si el compilador del inventario decide que el cambio anual del carbono en las existencias totales de PMR es significativo, puede juzgar por separado si el cambio anual de carbono de los PMR en los SEDS es significativo. Si no está aumentando o reduciéndose de forma significativa, puede suponerse que es cero (las Variables 1B y 2B son cero). Se sugiere efectuar una estimación si el cambio anual en el carbono de las existencias de PMR TOTALES tiende a ser

⁶ Esta orientación reemplaza la orientación provista en las *Directrices del IPCC de 1996* sobre las circunstancias en las que debe declararse un aporte de cero.

de un tamaño equiparable al de otras categorías principales. Se alienta a los países a utilizar los métodos de Nivel 1 para estimar las variables de PMR para ayudar a juzgar si el cambio anual en los SEDS es insignificante.

Si se considera que el cambio anual en las existencias de carbono de PMR es significativo, o si un país decide efectuar estimaciones, es posible seleccionar uno de tres niveles para las estimaciones de las cinco variables de PMR, para estimar el *Aporte de PMR*. El Nivel 1 utiliza datos de los productos del bosque de la FAO (los datos de la actividad por defecto) que están libre y fácilmente disponibles para la mayoría de los países. El método de Nivel 1 especifica que los cambios en el carbono retenido en los SEDS (Variables 1B) debe calcularse usando los métodos de Nivel 1 del Sector Desechos, los datos por defecto y las hojas de trabajo. Se proporciona un método de Nivel 1 para estimar la Variable 2B a partir de la 1B.

El árbol de decisión de la Figura 12.1 indica cómo seleccionar un Nivel para estimar las variables de PMR sobre la base de la disponibilidad de los datos. Se presentan los datos por defecto para el Nivel 1. Los Niveles 2 y 3 tienen por objeto mejorar la exactitud de las estimaciones mediante datos y métodos específicos del país más exactos.

Hasta que las Partes de la CMNUCC decidan el método que utilizarán, no será posible identificar en forma definitiva si los PMR son una categoría principal o no, puesto que la magnitud del *Aporte de PMR* depende del método elegido. Así, fuere que el sector sea una categoría principal o no, no sirve para guiar la elección del nivel. Para facilitar la declaración actual y permitir las decisiones futuras, existen dos opciones. En primer lugar, pueden optar por usar un método en particular y determinar si se trata de una categoría principal en sentido general, según la orientación provista en el Volumen 1, Capítulo 4. Otra opción es usar su criterio para determinar si la fuente es propensa a producir un efecto significativo (igual o mayor que el de otras categorías principales) sobre las estimaciones de emisiones nacionales de los gases de efecto invernadero. Si se determina que la fuente es significativa, debe utilizarse un método de Nivel 2 o 3.

12.2.1.1 NIVEL 1

Las Variables de los PMR 1A, 2A, 1B y 2B son estimaciones de los cambios anuales en las existencias del carbono de PMR, cada una de las cuales se estima usando un método de datos de flujo con análisis de vida útil. Se supone que la descomposición de los PMR es de primer orden ⁷. Esto significa que la pérdida anual de la existencia de productos se estima como fracción constante de la cantidad de existencias. Las estimaciones de los cambios en el carbono que conservan los «productos en uso» (Variables 1A y 2A del Cuadro 12.1), se realizan haciendo el seguimiento de las entradas y salidas del depósito de carbono de los «productos en uso». Se estima la entrada de carbono al depósito a partir de los índices históricos de producción o consumo de PMR. Se utilizan los métodos de Nivel 1 del Sector Desechos para estimar los cambios en las existencias de carbono de los PMR en los SEDS (Variable 1B) (véase el Volumen 5, Capítulo 3). Se proporciona un método de Nivel 1 para estimar la Variable 2B a partir de la 1B.

En el caso del depósito de «productos en uso», el flujo saliente del depósito se calcula sobre la base de la vida media estimada y de los respectivos índices de descomposición de PMR procedentes del uso, suponiendo índices de descomposición de primer orden.

La intención es proporcionar estimaciones válidas de la liberación total de carbono de los PMR para cualquier año de declaración de la CMNUCC. Para ello se requiere el conocimiento del cambio al depósito total existente de PMR. A falta de datos de sondeos o censos de PMR en uso, se recomienda que las entradas y las salidas de las existencias de PMR desde 1900 se utilicen para efectuar estimaciones válidas para los últimos años. A excepción del año actual, la liberación de carbono o el cambio en las existencias asociado con los PMR puestos en utilización en años anteriores al período de declaración arrojaría una sobreestimación de las adiciones netas del año actual a las existencias de carbono de PMR (subestimar la liberación de carbono del año actual) y, por lo tanto, no sería coherente con el objetivo de la Orientación sobre las buenas prácticas de no sobreestimar ni subestimar en la medida en la que pueda juzgarse. ⁸

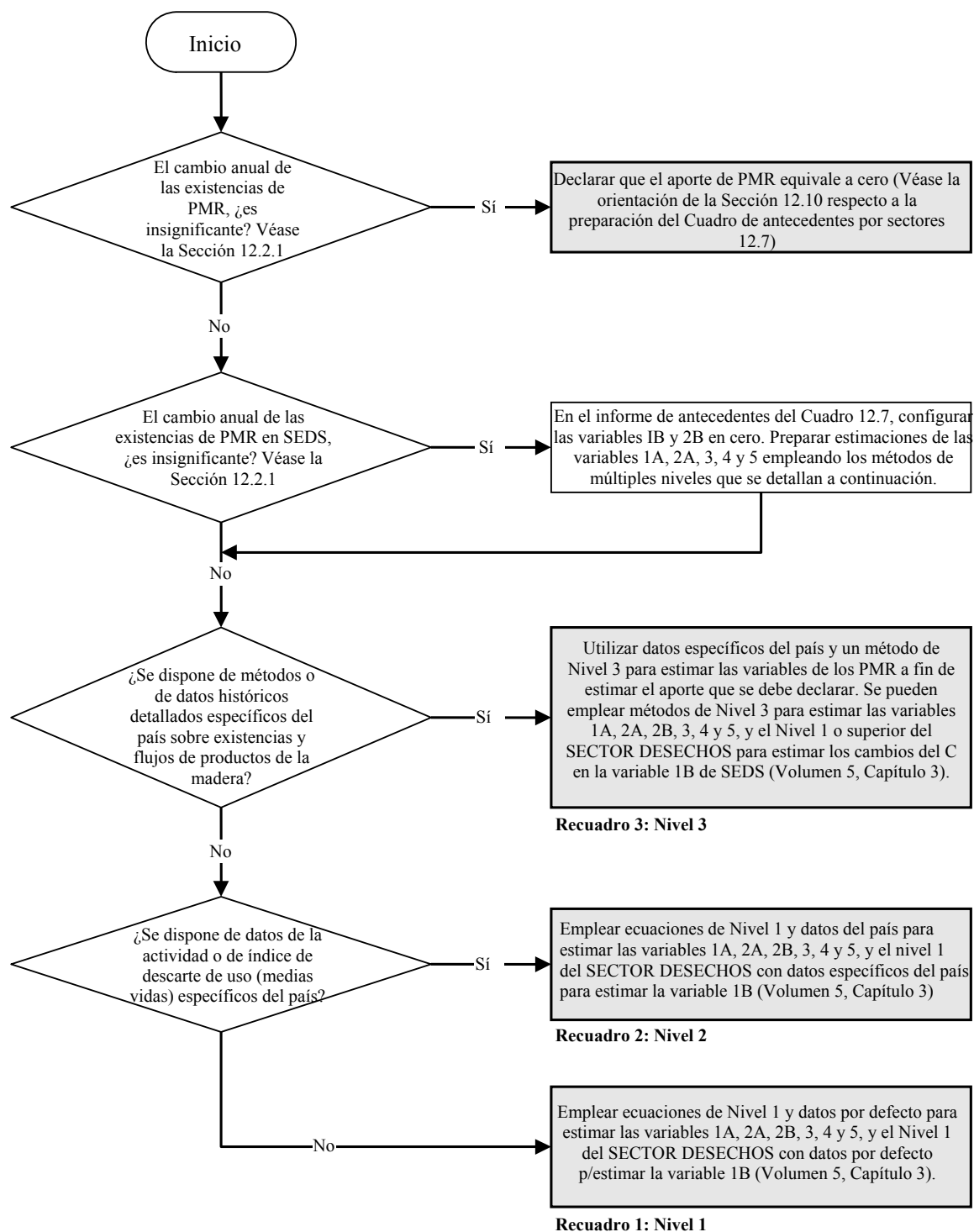
Los datos que comienzan en 1900 se utilizan para estimar las adiciones a los PMR en uso, mientras que el descarte del uso de estos PMR se estima suponiendo una descomposición de primer orden. Se necesita este procedimiento para producir una estimación de las existencias de PMR actuales acumuladas a partir del uso histórico de la madera y, en consecuencia, la liberación de carbono del año actual procedente del total de existencias a medida que sale de uso (también denominadas «emisiones heredadas»).

Las Variables de PMR 3, 4 y 5 (es decir, P_{IM} , P_{EX} , y H , respectivamente) son estimaciones del carbono en las importaciones y exportaciones anuales de productos, así como del carbono en la cosecha anual de productos y madera combustible. Se las estima sumando –agregando– diversas variables de productos forestales de la base de datos de la FAO.

⁷ Se han sugerido otros perfiles de descomposición (Ford-Robertson, 2003), que podrían utilizarse en lugar de la hipótesis de FOD. En este caso, el procedimiento de estimación diferiría del de la Ecuación 12.1 y la descomposición del flujo entrante de cada año sería rastreado individualmente hasta el año actual. Aún se aplicaría el debate restante acerca de los datos por defecto.

⁸ Se escogió el año 1900 sobre la base del criterio de que las contribuciones al Aporte de PMR del año actual a consecuencia de los productos que ingresan en el depósito antes de 1900 serían insignificantes, por lo que excluir los años anteriores a 1900 no violaría la buena práctica ni sobreestimaría ni subestimaría, en la medida en la que pueda juzgarse.

Figura 12.1 **Árbol de decisiones para declarar un *Aporte de PMR* de cero o seleccionar un nivel.**



MÉTODO GENERAL PARA ESTIMAR LAS VARIABLES 1A Y 2A, CAMBIO ANUAL EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO EN LOS «PRODUCTOS EN USO»

Es posible obtener la estimación de los cambios en las existencias de carbono de los «productos en uso» utilizando la Ecuación 12.1:

ECUACIÓN 12.1

ESTIMACIÓN DE LAS EXISTENCIAS DE CARBONO Y SU CAMBIO ANUAL EN LOS DEPÓSITOS DE PMR DEL PAÍS DECLARANTE

Comenzando con $i = 1900$ y siguiendo hasta el año actual, calcular

(A)
$$C(i+1) = e^{-k} \cdot C(i) + \left[\frac{(1 - e^{-k})}{k} \right] \cdot \text{Flujo\_entrada}(i) \quad \text{con } C(1900) = 0,0$$

(B)
$$\Delta C(i) = C(i+1) - C(i)$$

Nota: para conocer la explicación de la técnica utilizada en las Ecuaciones 12.1A para estimar la descomposición de primer orden, véase Pingoud y Wagner (2006).

Donde:

i = año

$C(i)$ = las existencias de carbono del depósito de PMR al comienzo del año i , Gg C

k = constante de descomposición de la descomposición de primer orden expresada en unidades, año⁻¹ ($k = \ln(2) / \text{HL}$, donde HL es la vida media del depósito de PMR en años. La vida media es la cantidad de años que tarda en perder la mitad del material que existe actualmente en el depósito.)

$\text{Flujo\_entrada}(i)$ = el flujo de entrada al depósito de PMR durante el año i , Gg C año⁻¹

$\Delta C(i)$ = cambio en las existencias de carbono del depósito de PMR durante el año i , Gg C año⁻¹

Estimación de la variable 1a: cambio anual en las existencias de carbono en «producto en uso» en el país declarante

Se utiliza la Ecuación 12.1 para estimar los cambios de carbono en cada uno de los dos depósitos de las hojas de cálculo de Nivel 1 (que se analizan a continuación). Los dos depósitos son:

1. los productos de madera maciza en uso; y
2. los productos de papel en uso.

En los casos en los que se conservan los productos en el país declarante, se utiliza más de un depósito porque se cree que hay una diferencia significativa en la vida media de los productos en uso entre los dos depósitos. El cambio anual en estos dos depósitos de carbono, cuando se los suma, arroja la Variable 1A. La variable Flujo de entrada de carbono en estos depósitos proviene del consumo anual del país declarante de productos de madera semi-elaborados, incluida la madera aserrada, los paneles de madera y otros productos de madera maciza o de papel y cartón. El consumo es igual a la producción nacional más las importaciones menos las exportaciones, como se muestra en la Ecuación 12.2. La velocidad a la que la madera maciza o el papel se pierden de los depósitos en un año dado está especificada por una tasa de pérdida constante (k) y, por cuestiones de conveniencia, también se especifica por vida media en años. La vida media es la cantidad de años que tarda en perder la mitad del material que existe actualmente en el depósito. La producción, las importaciones y exportaciones de madera maciza o de papel se convierten de metros cúbicos o de Gg en aire seco en toneladas de carbono (véase el Cuadro 12.4).

ECUACIÓN 12.2

ESTIMACIÓN DE LOS PRODUCTOS DE PMR QUE SE PRODUCEN ANUALMENTE A PARTIR DEL CONSUMO NACIONAL

$$\text{Flujo\_entrada}_{DC} = P + SFP_{IM} - SFP_{EX}$$

Donde:

$\text{Flujo\_entrada}_{DC}$ = carbono en el consumo anual de productos de madera maciza o papel provenientes de la madera recolectada en el país declarante (es decir, de la cosecha nacional), Gg C año⁻¹

P = carbono de la producción anual de productos de madera maciza o papel en el país declarante, Gg C año⁻¹

SFP_{IM} y SFP_{EX} = importaciones y exportaciones de productos de papel y madera semi-elaborados. En el caso de la madera maciza, incluye la madera aserrada, los paneles y otros rollizos industriales. En el caso de los productos de papel, incluye el papel y el cartón, Gg C año⁻¹

Para hacer estimaciones de los cambios en estos depósitos para el año de la declaración, el método utiliza datos sobre el flujo de entrada (Consumo de productos = Producción + Importaciones – Exportaciones) hasta 1961 tomado de la base de datos de la FAO ⁹. Para el período comprendido entre 1961 y 1900, se supone que el cambio en el consumo antes de 1961 era el mismo que el cambio en la producción de rollizos industriales para la región en la que se encuentra el país. Los datos y parámetros utilizados son los siguientes:

- Las variables de la FAO usadas para estimar el consumo de productos se muestran en el Cuadro 12.5.
- Los factores por defecto para convertir la madera maciza y el papel de unidades de volumen en unidades de carbono se muestran en el Cuadro 12.4. Se alienta a los países a estimar los factores usando las densidades de la madera de los Cuadros 4.13 y 4.14 del Capítulo 4 (Tierras forestales).
- Los índices regionales de cambio en la producción de rollizos industriales antes de 1961 se muestran en el Cuadro 12.3.
- Las vidas medias de los productos en uso se muestran en el Cuadro 12. 2

El resto de la madera recolectada se transporta desde el sitio de recolección –todo el material con excepción de los productos semielaborados antes mencionados- se supone que se oxida el año de la recolección y, así, no se transfiere a los depósitos de PMR.

Estimación de la variable 2a: cambio anual en las existencias de carbono en «productos en uso» donde la madera provino de la recolección en el país declarante (incluye las exportaciones)

Se utiliza nuevamente la Ecuación general 12.1 para estimar el cambio de carbono en cada uno de los dos depósitos (igual que en el caso de la Variable 1A) en las hojas de cálculo de Nivel 1, para estimar el cambio anual de carbono en los productos de madera maciza y papel en uso por separado, *donde la madera para fabricar los productos provino de la madera recolectada en el país declarante (recolección nacional)*. Incluye los productos exportados y que se conservan en uso en otros países. Cuando se suman el cambio anual en las existencias de carbono de los productos de madera maciza en uso y de los productos de papel en uso en reservorios se obtiene la Variable 2A. La variable del Flujo de entrada en estos depósitos es la producción de todos los productos de la madera recolectada en el año de la declaración.

Se estima esta variable del flujo de entrada del carbono anual con la Ecuación 12.3. Si el cociente que figura entre paréntesis es <1, el país es un importador neto de rollizos industriales (IRW), astillas de madera (*chips*) y residuos de madera utilizados para fabricar productos y menos que la cantidad total de PMR producidos (P) habrían utilizado IRW recolectados en el ámbito nacional. Si el cociente que figura entre paréntesis es >1, significa que hay una exportación neta de IRW, astillas y residuos por parte del país. El flujo de entrada de producción de PMR calculado por la ecuación debe ser mayor que la producción (P) de PMR en este caso, porque la madera exportada se usa para fabricar productos en otros países. La hipótesis implícita es que los importadores de IRW, astillas y residuos exportados los utilizan para elaborar productos de madera maciza o papel en la misma proporción que en el país declarante.

ECUACIÓN 12.3 ESTIMACIÓN DE LOS PRODUCTOS DE PMR QUE SE PRODUCEN ANUALMENTE A PARTIR DE LA RECOLECCIÓN NACIONAL

$$Flujo\_entrada_{DH} = P \cdot \left[\frac{IRW_H}{IRW_H + IRW_{IM} - IRW_{EX} + WCH_{IM} - WCH_{EX} + WR_{IM} - WR_{EX}} \right]$$

Donde:

Flujo_entrada_{DH} = carbono en la producción anual de productos de madera maciza o papel provenientes de la madera recolectada en el país declarante (es decir, de la cosecha nacional), Gg C año⁻¹

P = carbono en la producción anual de productos de madera maciza o papel en el país declarante, Gg C año⁻¹. Nótese que la elaboración de productos de papel incluye la fibra de la madera y excluye la no fibra. Se muestra una ecuación para estimar la fibra de madera de la elaboración de productos de papel en la Nota 1 del Cuadro 12.5.

⁹ Véase <http://faostat.fao.org/>

IRW_H = recolección de rollizos industriales en el país declarante. Se trata de la recolección de madera para elaborar productos de madera maciza y papel, incluso la IRW, para exportación. [La variable de la FAO se denomina Producción de RW industrial], Gg C año⁻¹

IRW_{IM} , IRW_{EX} = importaciones y exportaciones de rollizos industriales, respectivamente, Gg C año⁻¹

WCH_{IM} , WCH_{EX} = importaciones y exportaciones de astillas de madera (*chips*), respectivamente, Gg C año⁻¹

WR_{IM} , WR_{EX} = residuos de madera de las importaciones y exportaciones de las plantas de productos de madera, respectivamente Gg C año⁻¹

Al igual que en el caso de la Variable 1A, las estimaciones del cambio anual en los dos depósitos de productos en uso exigen datos sobre la producción total, la producción, importaciones y exportaciones de rollizos industriales desde el año actual hasta 1900. Igualmente a la Variable 1A, se usan los datos de la FAO hasta 1961 y se estiman los datos hasta 1900, suponiendo que el índice anual de cambio de 1900 a 1961 es el mismo que el índice anual de cambio en la producción de rollizos industriales entre 1900 y 1961.

Se supone que los valores de vida media para los depósitos de productos en uso son iguales a la variable 1A y también se supone que los factores de conversión del carbono son iguales. Los datos y parámetros utilizados son los siguientes:

- Las variables de la FAO usadas para estimar la producción total y la producción, importaciones y exportaciones de rollizos industriales se muestran en el Cuadro 12.5.
- Los factores por defecto para convertir la madera maciza y el papel de unidades de volumen en unidades de carbono se muestran en el Cuadro 12.4. Se alienta a los países a estimar los factores usando las densidades de la madera de los Cuadros 4.13 y 4.14.
- Los índices regionales de cambio en el consumo de rollizos industriales antes de 1961 se muestran en el Cuadro 12.3.
- Las vidas medias de los productos en uso se muestran en el Cuadro 12. 2

Estimación de las Variables 1B y 2B – Cambio anual en las existencias de carbono en los SEDS en el país declarante; y cambio anual en las existencias de carbono en los SEDS donde la madera provino de la recolección en el país declarante

Se presentan los métodos de Nivel 1 para estimar la acumulación de carbono de PMR en los SEDS porque una cantidad de estudios indicó tiempos de almacenamiento muy largos para el carbono de PMR en los SEDS en algunos casos (NCASI, 2004; Gardner *et al.*, 2002; Micales y Skog, 1997).

La variable 1B, $\Delta C_{PMR\ SEDS_{DC}}$, es decir, el cambio en las existencias de carbono de los PMR del consumo nacional descartados en los SEDS del país declarante se estima directamente a través de los métodos de Nivel 1 del Sector Desechos y las hojas de cálculo (Volumen 5, Capítulo 3, Sección 3.2.1.1 «Modelo de hoja de cálculo» y la Sección 3.4). Las directrices del Sector Desechos explican cómo usar los datos y parámetros por defecto de dicho sector para estimar la cantidad de carbono de la madera maciza y del papel que se acumula en los SEDS del país declarante. Un punto principal acerca de la estimación de Nivel 1 del Sector Desechos es que estima el cambio de carbono en los SEDS al identificar la porción de carbono descartada en los SEDS en el año actual, que se considera que se originó en forma de PMR. Se supone que el carbono de los PMR equivale a las categorías de desechos «jardín», «madera» y «papel». La hoja de cálculo proporciona la cantidad de carbono almacenado «a largo plazo» de los PMR en la hoja «PMR». Las hojas individuales de tipos de desechos proporcionan la cantidad de carbono orgánico degradable y susceptible de descomposición almacenada. En conjunto, proporcionan el cambio en la cantidad de carbono de PMR almacenado. No se declara la liberación del carbono a la atmósfera de este depósito de larga vida en el Capítulo SEDS.

Para estimar la Variable 2B, $\Delta C_{PMR\ SEDS_{DH}}$, es necesario estimar la porción de la Variable 1B procedente de la recolección nacional. La estimación de Nivel 1 de la Variable 2B está limitada a estimar el cambio de carbono solo en los SEDS nacionales. Se juzga que los métodos potenciales de Nivel 1 para estimar el cambio de carbono en los SEDS en otros países puede llevar a sobreestimaciones o subestimaciones considerables, por lo que es mejor no incluir una estimación del cambio de carbono en los SEDS en otros países.

La porción de la Variable 1B que proviene de la recolección nacional se aproxima multiplicando por la fracción de carbono de la madera consumida en el país en el año actual que provino de la recolección nacional (Ecuación 12.4). Este cociente es una aproximación razonable de la fracción del carbono de los PMR desechado en los SEDS que provino de la cosecha nacional, si el material de madera importado fue una fracción relativamente estable de toda la madera consumida en un período de años.

ECUACIÓN 12.4**ESTIMACIÓN DEL CAMBIO ANUAL EN EL CARBONO EN LOS PMR DE LOS SEDS NACIONALES
DONDE LOS PMR PROVIENEN DE LA RECOLECCIÓN NACIONAL**

$$\Delta C_{PMR SEDS_{DH}} = \Delta C_{PMR SEDS_{DC}} \cdot \left[1 - \left(\frac{\text{Material de madera importada}}{\text{Material de madera producida} + \text{Material de madera importada}} \right) \right]$$

$$\text{Material de madera importada} = \left[\frac{IRW_{IM} + WCH_{IM} + WR_{IM} + aserradaW_{IM} + WPan_{IM} + P\&PB_{IM} + WPulp\&PapRec_{IM}}{P\&PB_{IM} + WPulp\&PapRec_{IM}} \right]$$

$$\text{Material de madera producida} = IRW_H$$

Donde:

$\Delta C_{PMR SEDS_{DH}}$ = Variable 2B = cambio anual en el carbono en los PMR de los SEDS nacionales donde los PMR provienen de la recolección de madera nacional Gg C año⁻¹

$\Delta C_{PMR SEDS_{DC}}$ = Variable 1B = cambio anual en el carbono en los PMR de los SEDS del país declarante, Gg C año⁻¹

IRW_H y IRW_{IM} = recolección de rollizos industriales recopilados en el país declarante e importaciones de rollizos industriales, respectivamente, Gg C año⁻¹

WCH_{IM} = importaciones de astillas de madera, Gg C año⁻¹

WR_{IM} = residuos de madera de las importaciones de las plantas de productos de madera, Gg C año⁻¹

$AserradaW_{IM}$ = importaciones de madera aserrada y, Gg C año⁻¹

$WPan_{IM}$ = importaciones de paneles de madera, Gg C año⁻¹

$P\&PB_{IM}$ = importaciones de papel y cartón, Gg C año⁻¹

$WPulp\&PapRec_{IM}$ = importaciones de pulpa de madera y papel recuperado, Gg C año⁻¹

Los datos que deben utilizarse para la Ecuación 12.4 son las variables de la FAO que se muestran en el Cuadro 12.5.

Estimación de las Variables 3, 4, y 5 – Importaciones y exportaciones anuales de PMR hacia y desde el país declarante, y recolección anual de PMR

Las estimaciones de las importaciones, exportaciones y la recolección anuales para las Variables P_{IM} , P_{EX} , y H son necesarias únicamente para los años más recientes (véanse las Ecuaciones 12A.3 y 12A.4 del Anexo). No se necesitan datos para los años anteriores al período de la declaración. Los datos por defecto de importación, exportación y recolección pueden obtenerse de la base de datos FAOSTAT. En el cuadro 12.4, se muestran las variables específicas de la FAO que se necesitan se muestran en el Cuadro 12.5. Los factores para efectuar la conversión de metros cúbicos o de toneladas en aire seco de producto.

H (Variable 5), recolección total anual de PMR, se define aquí como toda la madera y la corteza que abandona los sitios de cosecha, incluida la madera combustible. Se pretende incluir el total de los valores de $L_{\text{recogidas-de-madera}}$ y $L_{\text{madera combustible}}$ como se define en el Volumen 4, Capítulo 2, Ecuaciones 2.12 y 2.13. Las directrices para estimar $L_{\text{recogida de madera}}$ y $L_{\text{madera combustible}}$ para las Tierras forestales se encuentran en el Volumen 4, Capítulo 4, Sección 4.2.1. La estimación por defecto para esta variable es el valor de la base de datos de la FAO para los rollizos industriales por un factor de expansión de la corteza más el valor de la base de datos de la FAO para la madera combustible. En el Cuadro 12.5, Nota 4, se muestra un factor de expansión de la corteza por defecto.

MODELOS de hojas de cálculo: orientación paso a paso

Modelo del IPCC de los productos de madera recolectada: estimación de las variables 1A, 2A, 2B, 3, 4, y 5

Es posible utilizar el modelo para estimar las variables de PMR y producir el Cuadro 12.7 que puede utilizarse para completar el Cuadro 3.10 de antecedentes por sectores de AFOLU. Ya se incluyeron los parámetros por defecto para efectuar las estimaciones de Nivel 1 o se los puede modificar para realizar estimaciones de Nivel 2. Es posible estimar la Variable 2B si la 1B fue estimada usando las hojas de cálculo de Nivel 1 del Sector Desechos.

Aquí se presentan instrucciones generales para usar la hoja de cálculo modelo para estimar las variables de PMR y generar el Cuadro 12.7 y el Cuadro de antecedentes por sectores 3.10 de AFOLU. Véanse las instrucciones detalladas en la pestaña «Instrucciones» de la hoja de cálculo modelo.

1. Descargar los datos de la actividad del país (producción, importaciones y exportaciones de productos de madera y papel) del sitio Web de FAOSTAT y colocar en las columnas de una de las hojas de «Datos» (años 1961 hasta el de la declaración).
2. Transferir las estimaciones del carbono almacenado en los SEDS de la hoja de cálculo del Modelo de Nivel 1 del Sector Desechos a las últimas dos columnas de la misma hoja «Datos» (años 1990 hasta el año de la declaración, según sea necesario).
3. Escribir el nombre del país en la celda A1 de la hoja de datos.
4. Verificar / modificar los parámetros por defecto según sea necesario, que se muestran en la hoja «Parámetros».
5. Ver los resultados en un Cuadro 12.7 completado en la hoja denominada «Resultados». Los resultados de este cuadro pueden transferirse a los antecedentes por sectores de AFOLU para los productos de madera recolectada del Cuadro 3.10.
6. Véanse los resultados detallados en cuadros, gráficos y diagramas, en las hojas «Parámetros» y «Resultados».

Modelo de Nivel 1 del Sector Desechos: estimación de la Variable 1B

Para preparar la estimación del carbono almacenado en los PMR en el país declarante que puede insertarse en la hoja de cálculo del modelo, véase el Volumen 5, Capítulo 3, Sección 3.2.1.1 «Modelo de hoja de cálculo» y la Sección 3.4. En la Sección 3.2.1.1 hay un vínculo al modelo de hoja de cálculo. En la hoja de cálculo «Instrucciones» se pueden consultar los detalles sobre cómo utilizar el modelo.

12.2.1.2 NIVEL 2: UTILIZACIÓN DE LOS DATOS DEL PAÍS

En el Nivel 2 se emplean datos específicos del país para mejorar las estimaciones del cambio anual de carbono en «productos en uso» y en los SEDS. Los datos mejorados pueden incluir datos del país sobre:

- producción anual, importaciones y exportaciones por tipos de productos y especies de madera;
- factores para convertir los datos de la actividad en carbono;
- la velocidad a la cual se descartan los productos del uso (vida media). Si la información indica que diversos productos de madera tienen diferentes vidas medias (por ejemplo, la madera aserrada en contraposición a los paneles), es posible usar la Ecuación 12.1 para hacer un seguimiento del cambio en el carbono para depósitos individuales, y no solamente para los productos de madera maciza y papel;
- los parámetros y datos de la actividad anuales del Sector Desechos para el método de Nivel 1 de dicho sector, incluso DOCf, la fracción de madera y papel que se descompone en los SEDS.

12.2.1.3 NIVEL 3: MÉTODOS ESPECÍFICOS DEL PAÍS

Quizá los países deseen elaborar métodos más complejos y detallados, específicos del país, para estimar las Variables 1A, 1B, 3, 4 y 5. Típicamente, son modelos más complejos y se concentran en un único método (Flugsrud *et al.*, 2001). Los modelos de Nivel 3 también pueden usar funciones de descomposición diferentes de la descomposición de primer orden: por ejemplo, la descomposición lineal. Es más difícil desarrollar métodos de Nivel 3 para las Variables 2A y 2B que exigen datos sobre el ciclo de vida de los PMR exportados, en el caso de los países en los que se exporta la mayoría de sus productos. Pueden mejorarse las estimaciones de las Variables 2A y 2B al obtener información sobre la descomposición para los países en los que se exporta la mayoría de los productos.

MÉTODO A – ESTIMAR EL CAMBIO ANUAL EN LOS INVENTARIOS (MÉTODOS DE EXISTENCIAS)

Los inventarios de PMR en uso o los PMR que se encuentran en los sitios de eliminación de desechos, en dos o más puntos en el tiempo, pueden usarse para estimar el cambio anual en las existencias de carbono: Variables 1A y 1B. El depósito de PMR de productos en uso en las estructuras de los edificios suele ser una parte considerable del depósito total de PMR. Es posible estimar la cantidad de carbono PMR, por ejemplo, multiplicando el contenido de PMR promedio por metro cuadrado de espacio en el suelo por el espacio total del suelo para los tipos de edificios pertinentes que usan madera, tomando en cuenta la fecha de construcción del edificio y los cambios en el uso de la madera por metro cuadrado a través del tiempo. El cambio anual en las existencias de carbono podría estimarse tomando nota del

cambio entre los inventarios estimados en diferentes momentos. Se declaran los ejemplos de tales inventarios en Gjesdal *et al.*, 1996 (para Noruega); Pingoud *et al.*, 1996, 2001 (para Finlandia); y Hashimoto y Moriguchi, 2004 (para Japón). En este caso, no se necesita ningún procedimiento para sumar los datos de uso de la madera a partir de los datos históricos, para estimar las existencias actuales de PMR o el cambio anual en las existencias, lo cual es una ventaja en comparación con los métodos de flujo (Nivel 1 y 2).

MÉTODO B – SEGUIMIENTO DE LOS FLUJOS DE ENTRADA Y SALIDA POR MEDIO DE DATOS DETALLADOS DEL PAÍS Y PATRONES DE DESCOMPOSICIÓN

Utilizar datos detallados del país comenzando con una cantidad de décadas en el pasado y estimar cada año, hasta llegar a la época actual, incluidos (i) adiciones a los depósitos de PMR en uso, (ii) descartes del uso, (iii) adiciones a los depósitos de PMR en los SEDS, y (iv) descomposición de los SEDS. Las estimaciones de los SEDS pueden usar las estimaciones de los sondeos de la cantidad de PMR colocada en los SEDS cada año, en vez de la cantidad de PMR que sale de uso y la porción que va a los SEDS. Este método también se basa en los datos de flujo y en el análisis de vida útil, igual que para los métodos de Nivel 1 y 2, pero la velocidad a la que se descartan los productos del uso puede diferir de la hipótesis de descomposición de primer orden usada en los Niveles 1 y 2.

MÉTODO C – MÉTODO DE DATOS DE FLUJO CON ESTIMACIONES DIRECTAS DE SALIDA

En lugar del método de flujo-datos con análisis de vida útil, también podría usarse, en principio, un método de flujo-datos que utilice estimaciones directas de la salida del depósito de PMR. Constituirían ejemplos la información sobre la madera de carbono que se quema para energía todos los años o el carbono contenido en los edificios demolidos en un año. La ventaja que presenta este método es que ya no se necesitan los datos de entrada históricos de mucho tiempo para el depósito de PMR. Por otra parte, el método tendría una desventaja considerable: los datos de salida y oxidación de los PMR son mucho más inciertos que los datos de entrada y tienden a ser subestimados; como consecuencia, una parte significativa de la descomposición no se identifica y las adiciones netas al carbono retenido en los PMR se sobreestimarían (véase Flugsrud *et al.*, 2001; Pingoud *et al.*, 2003).

MÉTODO D – COMBINAR LOS MÉTODOS A, B Y C

Un ejemplo de un método combinado que utiliza la información más exacta disponible sobre diferentes productos es: 1) emplear los cambios en el inventario para estimar los cambios de carbono en edificios y muebles; y 2) emplear los flujos de entrada y salida para estimar los cambios de carbono en los productos de papel (véase, por ejemplo para Noruega, Flugsrud *et al.*, 2001; y para Japón, Hashimoto y Moriguchi, 2004). O, como alternativa, las existencias de carbono heredado de los PMR en algún año reciente podrían estimarse por inventario directo, Método A, en vez de estimarlas a partir de las tasas de consumo histórico como en el Método B y el Nivel 1. Luego, tomando estas existencias de carbono como valor inicial, las existencias de carbono y los cambios en las existencias en los años posteriores pueden estimarse usando los índices de descomposición del Método B. Los datos del inventario de PMR también pueden usarse para ayudar a determinar los parámetros de vida media en el método de descomposición de primer orden. En vez de usar las vidas medias por defecto, pueden escogerse estos parámetros para obtener la mejor adaptación del método de descomposición de primer orden (u otra función de descomposición) con datos reales de inventario (véase, p. ej., Pingoud *et al.*, 2001).

12.2.1.4 ESTIMACIÓN DE LA LIBERACIÓN DE CARBONO A LA ATMÓSFERA A PARTIR DE LAS VARIABLES DE PMR

La liberación anual de carbono a la atmósfera de los PMR puede estimarse para dos casos usando las cinco variables de los PMR, del siguiente modo:

ECUACIÓN 12.5

ESTIMACIÓN DE LA LIBERACIÓN DE CARBONO MEDIANTE LAS VARIABLES DE PMR

Para la liberación de carbono anual de las existencias de madera en el país declarante

$$(A) \quad \uparrow C_{PMRDC} = H + P_{IM} - P_{EX} - \Delta C_{PMRIU DC} - \Delta C_{PMRSEDS DC}$$

Para la liberación de carbono anual de la madera recolectada en el país declarante

$$(B) \quad \uparrow C_{PMRDH} = H - \Delta C_{PMRIU DH} - \Delta C_{PMRSEDS DH}$$

Las variables de la liberación de carbono se definen en la Sección 12.1. Es posible usar estas ecuaciones para calcular la liberación de CO₂ y declararla en el Cuadro 12.7 y en el Cuadro 3.10 de declaración de antecedentes de AFOLU como se describe en la Sección 12.7. Si están disponibles las estimaciones de carbono, es posible resolver estas ecuaciones para las cantidades totales de cambios de las existencias ($\Delta C_{\text{PMR IU DC}} + \Delta C_{\text{PMR SEDS DC}}$ o $\Delta C_{\text{PMR IU DH}} - \Delta C_{\text{PMR SEDS DH}}$) y la ecuación resultante podría utilizarse para calcular estos cambios totales en las existencias usando las variables de liberación del carbono.

12.2.1.5 ESTIMACIÓN DEL CARBONO LIBERADO A LA ATMÓSFERA EN FORMA DE CO₂

Se puede calcular el carbono que se libera en forma de CO₂ si se conoce el metano que emiten los PMR en vertederos:

- $\uparrow C_{\text{PMR DC CO}_2} = \uparrow C_{\text{PMR DC}} - E_{\text{W CH}_4}$. Liberación anual de carbono a la atmósfera en forma de CO₂ de los PMR como justificación del carbono emitido como metano de los PMR en los SEDS. $E_{\text{W CH}_4}$ es el carbono en CH₄ emitido a partir de la descomposición de PMR en los SEDS durante el año en cuestión. Puede estimarse usando la metodología del Capítulo 3, Sección 3.2 del Volumen 5. La hoja de cálculo del Modelo de desechos del IPCC lo estima automáticamente para la opción «Composición de los desechos» (es la suma del carbono en el CH₄ emitido durante el año del inventario a partir de la madera, el papel y los desechos de jardines en la hoja de PMR).
- $\uparrow C_{\text{PMR DH CO}_2} = \uparrow C_{\text{PMR DH}} - E_{\text{EX DOM CH}_4}$. Liberación anual de carbono a la atmósfera en forma de CO₂ de los PMR provenientes de la madera recolectada en el país declarante, que da cuenta del carbono emitido en forma de metano de los PMR en SEDS. $E_{\text{EX DOM CH}_4}$ es el carbono contenido en el CH₄ emitido de los SEDS (en forma de carbono) de la recolección nacional, fuere en el país o exportado. Puede estimarse usando la metodología del Capítulo 3, Sección 3.2 del Volumen 5. Para usar la hoja de cálculo del Modelo de desechos del IPCC, las entradas de desechos en los SEDS deben ajustarse para dar cuenta solamente de los PMR procedentes de la recolección nacional, incluidos los PMR recolectados en el ámbito nacional exportados y colocados en SEDS en otros países.

12.2.2 Elección de los factores de emisión

Los Niveles 1 y 2 utilizan la hipótesis de que se descartan los PMR del uso a una velocidad constante, k , aplicada al carbono presente en el depósito. Esta velocidad constante de descarte puede especificarse mediante una vida media asociada en años para los productos del depósito. La vida media es la cantidad de años que transcurren hasta que la mitad de la cantidad sale de uso. Los valores de vida media por defecto, y los índices de descarte asociados (k) se presentan en el Cuadro 12.2 para los productos de madera maciza y de papel.

CUADRO 12.2 VIDAS MEDIAS POR DEFECTO PARA LOS DEPÓSITOS DE CARBONO DE «PRODUCTOS EN USO» Y FRACCIÓN ASOCIADA QUE SE RETIENE CADA AÑO		
	Productos de madera maciza	Productos de papel
Vida media (años)	30	2
Índice de descomposición k ($k = \ln(2)/$ vida media)	0,023	0,347
Fuente: basado en valores utilizados en estudios previos resumidos en el Cuadro Apéndice de PMR 3a.1.3 del informe del IPCC sobre GPG- LULUCF (IPCC, 2003). El Cuadro 3a.1.3 presenta valores para más categorías de productos.		

12.2.3 Elección de los datos de la actividad

DATOS DE LA ACTIVIDAD PARA LAS VARIABLES DE NIVEL 1

En los Cuadros 12.4 y 12.5 se presentan los conjuntos de datos de la FAO necesarios para estimar la producción, las importaciones y exportaciones de productos de madera maciza y papel necesarios para estimar las Variables de PMR 1A, 2A, P_{IM} , P_{EX} , y H para 1961 al presente, incluidos los factores de conversión por defecto. Para

incluir la liberación de carbono del año actual procedente de los PMR puestos en uso hace muchas décadas, se necesitan las estimaciones de los datos de PMR anteriores a 1961. Para estimar la recolección total (Variable H), con corteza incluida, multiplicar la estimación de la FAO de la recolección de productos (Cuadro 12.5) por un factor de expansión por defecto de la corteza de 1.13 (Jenkins *et al.*, 2003).

Con el objeto de estimar las variables del Cuadro 12.5 antes de 1961, se extrapolan a 1900 usando la Ecuación 12.6. La Ecuación 12.6 utiliza un índice de cambio de la variable U para estimar los valores anteriores a 1961.¹⁰

El índice de cambio tomado para aproximar el cambio en la producción, las importaciones y las exportaciones antes de 1961 es el índice de cambio en la producción de rollizos industriales. Se muestran los valores por defecto para U en el Cuadro 12.3, para las principales regiones del mundo.

ECUACIÓN 12.6
ECUACIÓN PARA ESTIMAR LAS VARIABLES DE PRODUCCIÓN, IMPORTACIONES O
EXPORTACIONES DEL CUADRO 12.5 PARA LOS AÑOS ANTERIORES A 1961

$$V_t = V_{1961} \bullet e^{[U \bullet (t-1961)]}$$

Donde:

V_t = producción anual, importaciones o exportaciones de un producto de madera maciza o de papel para el año t , Gg C año⁻¹

t = año

V_{1961} = producción anual, importaciones o exportaciones de un producto de madera maciza o de papel para el año 1961, Gg C año⁻¹

U = índice continuo estimado de cambio en el consumo de rollizos industriales para la región que incluye el país declarante entre 1900 y 1961 (véase el Cuadro 12.3), año⁻¹

CUADRO 12.3 ÍNDICES ANUALES ESTIMADOS DE AUMENTO PARA LA PRODUCCIÓN DE ROLLIZOS INDUSTRIALES (RECOLECCIÓN) POR REGIÓN MUNDIAL CORRESPONDIENTES AL PERÍODO COMPRENDIDO ENTRE 1900 Y 1961	
Región	Índice anual de crecimiento U
Total mundial	0,0148
Europa	0,0151
URSS	0,0160
América del Norte	0,0143
América Latina	0,0220
África	0,0287
Asia	0,0217
Oceanía	0,0231
Fuente: véase el Cuadro 3a.1.2 del Apéndice PMR de <i>GPG-LULUCF</i> (IPCC, 2003). Nota: para cada región el índice promedio de cambio para el período de 1900 a 1961 se forma combinando un índice real documentado de cambio de 1950 a 1961 y un índice estimado de cambio de 1900 a 1950. El índice estimado de 1900 a 1950 se forma sumando el cambio porcentual anual de crecimiento de la población de 1900 a 1950 y la mitad del cambio porcentual anual de la recolección de rollizos industriales <i>per capita</i> para el periodo de 1950 a 1975.	

¹⁰ Los países creados después de 1961 pueden no tener datos en la base de datos de la FAO de 1961. Una forma de extender los datos más recientes de producción, importación y exportación a 1961 es analizar los datos de 1961 pertenecientes al «viejo» país del que el «nuevo» formaba parte (p. ej., Checoslovaquia para la República Checa y Eslovaquia) y extender las variables del país «nuevo» hasta 1961 usando el índice de cambio de cada variable para el país «viejo» a 1961.

CUADRO 12.4 FACTORES POR DEFECTO PARA CONVERTIR UNIDADES DE PRODUCTOS EN CARBONO					
	Rollizos, rollizos industriales, madera aserrada, otros rollizos industriales, madera para pasta de papel, astillas, partículas, madera combustible, residuos de madera		Carbón vegetal	Promedio para los paneles de madera	Papel y cartón, pulpa, pulpa de fibra recuperada, papel recuperado
1. Densidad (toneladas secado en horno por m ³ de productos de madera maciza o secado en horno por tonelada en aire seco de producto de pulpa o papel)	Especies templadas	Especies tropicales			
	0,45 toneladas secado en horno m ⁻³	0,59 toneladas secado en horno m ⁻³	0,9 Toneladas secada en horno (tonelada en aire seco) ⁻¹	0,628 toneladas secado en horno m ⁻³	0,9 Toneladas secada en horno (tonelada en aire seco) ⁻¹
2. Fracción de carbono (toneladas de carbono por tonelada de secado en horno de material de madera)	0,5	0,5	0,85	0,468	0,5
3. Factor de carbono (toneladas de carbono por m ³ de producto o tonelada en aire seco de producto) (fila 1) x (fila 2)	A = 0,225 tonelada C m ⁻³	A = 0,295 tonelada C m ⁻³	B = 0,765 tonelada C (tonelada en aire seco) ⁻¹	C = 0,294 tonelada C m ⁻³	D = 0,450 tonelada C (tonelada en aire seco) ⁻¹
Fuente: densidad de especies templadas: promedio del Cuadro 4.14, Volumen 4, Capítulo 4; densidad de las especies tropicales promedio del Cuadro 4.13, Volumen 4, Capítulo 4.					

CUADRO 12.5 DATOS DE LA ACTIVIDAD DE ONU FAO NECESARIOS PARA LAS VARIABLES DE NIVEL 1 Y FACTORES DE CONVERSIÓN POR DEFECTO			
Variable agregada	Variables de la base de datos de la FAO necesarias para calcular la variable agregada (m ³ para madera Gg para pulpa y papel)	Periodo temporal (inv. año = año de declaración del inventario)	Factor de carbono (Gg de carbono por m ³ para productos de madera o por Gg para pulpa y papel) (véase el Cuadro 12.4 para conocer los valores)
Variable 1A – Consumo de productos de madera maciza o papel			
Elaboración de productos de madera maciza	Otros rollizos industriales	1961- Inv. año	A
	Madera aserrada	1961- Inv. año	A
	Paneles de madera	1961- Inv. año	C
Importaciones y exportaciones de productos de madera maciza	Otros rollizos industriales	1961 - 1989	A
	Madera aserrada	1961- Inv. año	A
	Paneles de madera	1961- Inv. año	C
Producción de papel y cartón a partir de la madera [véase la nota 1 a continuación]	Papel y cartón: producción (P _{PAPEL})	1961- Inv. año	D
	Otra pulpa de fibra: producción (OFP _P), importaciones (OFP _{IM}), y exportaciones (OFP _{EX})	1961- Inv. año	D
Importaciones y exportaciones de papel y cartón	Papel y cartón	1961- Inv. año	D
Variable 2A –Elaboración de productos de madera maciza y de papel a partir de la madera recolectada en el país declarante			
Elaboración de productos de madera maciza a partir de la recolección nacional [véase la nota 2 a continuación]	Elaboración de productos de madera maciza igual que para la Variable 1A anterior (P _{SW})	1961- Inv. año	A
	Recolección de rollizos industriales (IRW _H), importaciones (IRW _{IM}), exportaciones (IRW _{EX})	1961- Inv. año	A
	Importaciones (CP _{IM}), y exportaciones de astillas y partículas (CP _{EX})	1961- Inv. año	A
Producción de papel y cartón de la recolección nacional [véase la nota 3 a continuación]	Elaboración de productos de papel y cartón de la Variable 1A anterior (P _{PAPEL})	1961- Inv. año	D
	Recolección de rollizos industriales (IRW _H), importaciones (IRW _{IM}), exportaciones (IRW _{EX}) – igual que el anterior	1961- Inv. año	A
	Otra pulpa de fibra: producción (OFP _P), importaciones (OFP _{IM}), y exportaciones (OFP _{EX}) – igual que el anterior	1961- Inv. año	D
	Exportaciones de pulpa de madera, papel recuperado y pulpa de papel recuperado (PP _{EXPORTACIONES})	1961- Inv. año	D
Variables 3 y 4 – Importaciones y exportaciones de todos los productos de madera maciza y papel y fibra de madera			
Importaciones y exportaciones	Rollizos (incluye la madera combustible)	1961- Inv. año	A
	Astillas y partículas	1961- Inv. año	A
	Residuo de madera	1961- Inv. año	A
	Carbón vegetal	1961- Inv. año	B
	Madera aserrada	1961- Inv. año	A
	Paneles de madera	1961- Inv. año	D
	Pulpa de madera	1961- Inv. año	D
	Papel recuperado	1961- Inv. año	D
Variable 5 – Recolección para productos			
Recolección para productos [véase la nota 4 a continuación]	Rollizos industriales (IRW _H), madera combustible	1961- Inv. año	A
Notas:			
1. Producción de papel y cartón a partir de la madera = P _{PAPEL} - (OFP _P + OFP _{IM} - OFP _{EX})			
2. Elaboración de productos de madera maciza a partir de la recolección nacional = P _{SW} * IRW _H / (IRW _H + IRW _{IM} - IRW _{EX} + CP _{IM} + CP _{EX})			
3. Elaboración de productos de papel a partir de la recolección nacional = (P _{PAPEL} + PP _{EXPORTACIONES} - (OFP _P + OFP _{IM} - OFP _{EX})) * IRW _H / (IRW _H + IRW _{IM} - IRW _{EX} + CP _{IM} + CP _{EX})			
4. Variable H = IRW _H * BF + madera combustible, BF (factor de corteza) valor por defecto = 1,13 ; madera blanda (1.11), madera dura (1.15) (Jenkins <i>et al.</i> , 2003)			
Fuente de variables y datos: base de datos de silvicultura de FAOSTAT (FAO 2005).			

12.3 EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

La incertidumbre en las cinco variables de PMR mediante el uso de los métodos de Nivel 1 surge de dos formas:

7. los datos del país más exactos pueden diferir de los datos por defecto de los Cuadros 12.2, 12.3, 12.4 y 12.5; y
8. el método de estimación es una simplificación de los procesos del mundo real.

La incertidumbre relacionada con el uso de la producción y el comercio de productos por defecto (los datos de la actividad) y los parámetros se presenta en el Cuadro 12.6. Las estimaciones de incertidumbre se basan en estudios publicados y en el dictamen de expertos. Si se utilizan los datos y parámetros nacionales, deben evaluarse las incertidumbres de forma coherente con la orientación del Volumen 1, Capítulo 3.

Algunos datos de la actividad de la FAO –como la producción de otros rollizos industriales- necesarios para el cálculo de las Variables 1A y 2A pueden tener una incertidumbre elevada.

Una estimación del efecto de la incertidumbre en los datos por defecto de cada una de las cinco variables de los PMR puede obtenerse usando el método de propagación de errores o el de simulación de Monte Carlo, según lo analizado en el Volumen 1, Capítulo 3.

También hay incertidumbre en las estimaciones porque los cálculos simplifican un proceso más complejo del mundo real de adiciones y descartes de los «productos en uso» y los SEDS. Una simplificación para los métodos de Nivel 1 y 2 es el seguimiento de las adiciones y los descartes solamente en forma de productos semielaborados (madera maciza y papel). Lo ideal sería que fuera posible hacer el seguimiento de las adiciones y los descartes del carbono en los usos finales (como ser edificios, muebles, libros, etc.). Se supone que los depósitos de uso final (como edificios, libros, etc.) se incluyen en estos depósitos de productos semi-elaborados. Entre las simplificaciones adicionales se incluyen las hipótesis de que hay dos existencias de productos en uso (madera maciza y papel) y que los descartes son una fracción constante del contenido de los depósitos de productos en uso a través del tiempo. Si hay información del país disponible para indicar más grupos de existencias de productos con diversos patrones de descarte, incluida la variación en los descartes a través del tiempo, se recomienda un método de Nivel 3 que permita otro patrón de descarte.

Dadas las diferencias potenciales existentes entre los datos por defecto y las estimaciones de los datos reales del país para las Variables 1A, 1B, 2A y 2B con los métodos de Nivel 1, podría haber una incertidumbre de $\pm 50\%$ o más.

Habrà mayores incertidumbres asociadas con la estimación de las Variables 2A y 2B que con las Variables 1A y 1B por las dificultades prácticas para estimar los cambios en los depósitos de carbono en los países en los que se exportan los PMR. La hipótesis simplificada para la Variable 2A (cambios en las existencias de carbono en los depósitos de PMR de la recolección nacional) es que el ciclo de vida de la madera recolectada en los países importadores es similar al correspondiente al uso nacional. La hipótesis simplificada para la Variable 2B es que no existe un almacenamiento significativo de los productos exportados en los SEDS posterior a su utilización en otros países. La incertidumbre de las Variables 2A y 2B será mayor para los países que poseen niveles más altos de exportaciones y/o importaciones. Para reducir las incertidumbres respecto de la Variable 2B, se efectúa una estimación conservadora que incluye solo los cambios en las existencias de carbono de los SEDS nacionales.

Las incertidumbres en las Variables P_{IM} , P_{EX} y H se asocian con la exactitud de estos datos por defecto del país y con sus factores de conversión en cantidades de carbono, y no con las incertidumbres de la modelización como en el caso de las Variables 1 y 2.

Las cantidades de materiales basados en la madera en el comercio internacional de *productos finales* (p. ej., casas prefabricadas, muebles, libros, etc.) no se incluyen en las estadísticas de la FAO y, para evitar el cómputo doble, no se las puede utilizar en los métodos de Niveles 1 y 2 que se concentran en los *productos semielaborados* (p. ej., madera y papel).

Para un análisis de la incertidumbre relacionada con el método de Nivel 1 del Sector Desechos, véase el Volumen 5, Capítulo 2.

Aunque la incertidumbre asociada con las estimaciones de Nivel 1 en las que se utilizan los datos por defecto podría ser alta, trabajar en esas estimaciones puede ser el primer paso para identificar formas de mejorarlas. Es posible efectuar las mejoras iniciales usando el Nivel 2, incluido el uso de datos del país y de los pasos de validación sugeridos en la sección siguiente sobre control y garantía de calidad.

CUADRO 12.6 INCERTIDUMBRE ASOCIADA CON LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD Y LOS PARÁMETROS (FACTORES DE EMISIÓN) PARA EL MÉTODO DE NIVEL 1, PARA ESTIMAR LAS CINCO VARIABLES DE PMR ANUALES			
Descripción de los datos o parámetros	Datos o parámetros	Valores	Rango de incertidumbre: diferencia posible de los valores por defecto para cada país
Recolección de rollizos (madera recolectada y quitada de los sitios para los productos, incluida la madera combustible)	H en el Cuadro 12.5	Base de datos de la FAO	- Específicos del país para los datos de la FAO
Producción, importaciones y exportaciones de PMR, datos de la FAO	Véase Cuadro 12.5	Base de datos de la FAO	- Específicos del país para los datos de la FAO - Producción y comercio: para los países con censos o sondeos sistemáticos, $\pm 15\%$ desde 1961 - Producción y comercio: para los países sin censos o sondeos sistemáticos, $\pm 50\%$ desde 1961
Volumen de productos a factores de peso de productos	Véase Cuadro 12.4	Véase Cuadro 12.4	$\sim \pm 25\%$
Peso de producto secado en horno a peso de carbono	Véase Cuadro 12.4	0.5	$\sim \pm 10\%$
Índice de crecimiento de la producción, las importaciones y las exportaciones antes del primer año de los datos de la FAO	U (del Cuadro 12.3)	Véase Cuadro 12.3	- Índice de aumento de la producción antes de 1961, $\pm 15\%$ para una región, mayor para un país ubicado dentro de una región. - Índice de aumento del comercio antes de 1961, $\pm 50\%$ para una región, mayor para un país ubicado dentro de una región.
Índice de descomposición (o descarte) para la madera maciza y el papel del depósito de «productos en uso»	K	Véase Cuadro 12.2	- Para estimar la Variable 1A, la incertidumbre de la vida media $\sim \pm 50\%$, $k = \ln(2)$ (vida media); (se necesita un estudio preliminar más avanzado; la vida media tiende a variar con el tiempo) - Para estimar la Variable 1B, la incertidumbre en la vida media de los productos en uso sería mayor dada la incertidumbre extra de los índices de descarte para los productos exportados en otros países.

12.4 GARANTÍA DE CALIDAD / CONTROL DE CALIDAD

En esta sección se sugieren pasos para mejorar las estimaciones de las cinco variables de los PMR, incluidas la verificación y la revisión de datos para el método de Nivel 1 y para las mejoras de las estimaciones de Nivel 2.

1. Verificar que los datos del país de la base de datos de la FAO (Cuadro 12.5) concuerdan con las mejores fuentes de datos del país disponibles sobre producción y comercio, o utilizar datos del país en lugar de los datos de la FAO. (esto puede mejorar las **Variables 1 a 5**).
2. Verificar las fuentes del país para las densidades de los productos de madera y papel para revisar los valores del Cuadro 12.4. Revisar la información acerca de la densidad de la madera provista en la Base de datos de factores de emisión del IPCC (EFDB) y en los Cuadros pertinentes 4.13 y 4.14 del Capítulo 4 (Tierras forestales) de estas directrices (se puede mejorar a través de las **Variables 1 a 5**).
3. Utilizar los pasos siguientes para validar la estimación de la **Variable 1A** – Cambio anual en las existencias de carbono en los productos de PMR en uso en el país declarante comparando dos estimaciones de cantidades de madera y papel depositadas en los SEDS.
 - (i) Usar el método de Nivel 1 del Sector Desechos y las hojas de trabajo de Excel (u otros métodos y datos del Sector Desechos) para estimar la cantidad de productos de madera maciza y papel depositada en los SEDS durante varios años (p. ej., de 1961 al presente).
 - (ii) Elaborar una segunda estimación de la cantidad de productos de madera maciza y papel depositada en los SEDS de la siguiente forma:
 - a. Mediante las hojas de trabajo de Excel de Nivel 1 de PMR, estimar la cantidad de productos de madera maciza y papel en uso descartados cada año para 1961 al presente.
 - b. Reducir la cantidad de descartes de papel de cada año en la cantidad de papel recuperado para reciclado cada año, usando los datos de la FAO acerca de la cantidad de papel recuperado producida.
 - c. Obtener una estimación de la porción de madera y papel descartados (a excepción de las cantidades recuperadas) que se envía a los SEDS. Probablemente, sea la fracción que no se quema.
 - d. Estimar la cantidad de madera maciza y papel depositada en los SEDS cada año, multiplicando la cantidad descartada (tras la recuperación para reciclado) por la fracción que va a los SEDS.
 - (iii) Comparar las estimaciones anuales de los depósitos procedentes del método de Nivel 1 del Sector Desechos y el método basado en los datos de descarte del Nivel 1 de los PMR.
 - (iv) Para conciliar las diferencias en las estimaciones, se recomienda efectuar los cambios en los parámetros del Nivel 1 de los PMR, de modo que las estimaciones de los depósitos de los SEDS basadas en las cifras de PMR coincidan con el depósito de SEDS de las estimaciones del Sector Desechos. Los parámetros de PMR que deben modificarse incluyen: 1) la vida media para los productos de madera maciza y papel en uso (Cuadro 12.2), o 2) los factores para convertir los datos de los productos PMR en unidades de carbono (Cuadro 12.4).
4. Un paso adicional para ayudar a verificar la **Variable 1A** – cambio anual en el carbono de PMR en los productos en uso- sería usar la Ecuación 12.2 para efectuar estimaciones aparte del cambio anual del carbono de madera maciza que se conserva en los edificios, como los residenciales, y aparte para todos los demás usos. Se utilizaría una vida media diferente para los productos de madera maciza existentes en los edificios residenciales. Comparar esta estimación del cambio de carbono en los edificios residenciales con una segunda estimación efectuada de la forma siguiente. Calcular el carbono total conservado en los edificios residenciales en dos momentos. Para cada momento, multiplicar la cantidad de edificios residenciales, por los metros cuadrados promedio por edificio, por los metros cúbicos de uso de madera maciza por metro cuadrado de casa, por el carbono por unidad de madera maciza. Tomar la diferencia existente en el carbono en los edificios residenciales entre los dos momentos y dividirla por la cantidad de años para estimar el cambio de carbono por año. Para conciliar las dos estimaciones del cambio anual en el carbono de la madera maciza, ajustar la vida media supuesta para el uso de madera maciza en los edificios residenciales.

12.5 EXHAUSTIVIDAD

Los métodos de Niveles 1 y 2, para estimar las **Variables 1A y 1B** (cambio anual en el carbono de PMR de los productos en uso en los SEDS, respectivamente, en el país declarante), incluyen las adiciones de carbono en

forma de todos los productos de madera y papel semi-elaborados que se consumen. Al hacerlo, incluyen el carbono en cualquier producto de madera secundario hecho en el país a partir de los productos semi-elaborados. Si el país es un destacado exportador o importador de productos secundarios de madera, como muebles o artesanías de madera, quizá deban adaptarse los métodos para ajustar el consumo de PMR de modo que excluyan las exportaciones de los productos secundarios y/o incluyan las importaciones de productos secundarios.

Los métodos de Niveles 1 y 2 para estimar las **Variables 2A y 2B** (cambio anual en el carbono de los PMR en productos en uso de la recolección nacional) tienden a incluir todo el carbono de los productos secundarios y semielaborados de la recolección nacional (madera aserrada, paneles y papel) a menos que se utilice madera directamente para los productos secundarios (p. ej., los muebles) y no se incluya primero en las cantidades de los productos semi-elaborados declaradas en los datos de la FAO o del país (p. ej., madera aserrada). Si se usa parte de la madera aserrada directamente para hacer muebles (y no se incluye en los datos del país de la FAO sobre madera aserrada), los métodos de Nivel 1 y 2 subestimarían el flujo de entrada de carbono a los productos en uso y los productos de los SEDS.

Los métodos provistos en estas directrices no incluyen las estimaciones del almacenamiento de carbono de PMR asociadas con el CO₂ que se captura tras la quema de la biomasa y que se conserva como parte de una sustancia química sólida o como gas.

12.6 GENERACIÓN DE INFORMES Y DOCUMENTACIÓN

Es una *buena práctica* documentar y archivar toda la información usada para producir las estimaciones nacionales del cambio en las existencias. Incluye los datos comerciales y de producción de madera y papel, y los parámetros usados. Deben documentarse los cambios en los parámetros para efectuar las estimaciones de los cambios en las existencias de un año al siguiente. El informe del inventario nacional debe contener resúmenes de los métodos usados y de las referencias a los datos de fuentes, para que puedan reproducirse los pasos para efectuar las estimaciones.

12.7 CUADROS PARA LA GENERACIÓN DE INFORMES Y HOJAS DE TRABAJO

Para declarar el *Aporte de PMR* debe seleccionarse un método. Es una *buena práctica* declarar el siguiente Cuadro de antecedentes por sectores de AFOLU 3.10 (véanse los Cuadros 12.7 y A12.1):

- El aporte de PMR
- El método utilizado para estimar el Aporte de PMR. Si se supone que el Aporte de PMR es cero (Sección 12.2.1) el motivo debe indicarse en lugar del método elegido,
- Las cantidades recolectadas, importadas y exportadas deben indicarse en el Cuadro 12.7 aunque se suponga que el Aporte de PMR sea cero.
- La liberación de CO₂ a la atmósfera de los PMR --- $(44/12 * \uparrow C_{PMR\ DC})$ y/o $(44/12 * \uparrow C_{PMR\ DH})$ fue adecuada.
- También debe indicarse cualquier otra variable de PMR usada para estimar el Aporte de PMR declarado.

Se alienta al compilador del inventario a declarar la información adicional que aumente la posibilidad de comparación y la transparencia del informe. Entre ello se puede incluir:

- Cualquiera de las demás variables de PMR definidas en el Cuadro 12.1 y no cubiertas en lo anterior.
- Todos los demás elementos adicionales pueden declararse también para métodos específicos, si el compilador del inventario cree que contribuirá a la transparencia del inventario.

Si se usa el método de la Descomposición simple para la declaración, el compilador debe indicar en el Cuadro de documentación del Cuadro de antecedentes 3.10 (Cuadro 12.7) cuál de las siguientes opciones se utiliza: 1a) El equivalente de CO₂ de carbono en la recolección anual de PMR se conserva con (o se resta de) la estimación de emisiones / absorciones netas declaradas por separado para cada superficie del suelo [p. ej., $(-44/12 * H)$ para Tierras forestales], y 1b) el *Aporte de PMR* especificado en el Cuadro 3.10 es igual a la liberación de CO₂ de la recolección del país $(44/12 * \uparrow C_{PMR\ DH})$; O 2) El *Aporte de PMR* del Cuadro 3.10 es igual a $[-44/12 * (H - \uparrow C_{PMR\ DH})]$.

CUADRO 12.7 DATOS DE ANTECEDENTES POR SECTORES PARA AFOLU*APORTE DE PMR DE CARBONO ANUA AL TOTAL DE ABSORCIONES Y EMISIONES DE CO₂ DEL SECTOR AFOLU Y ANTECEDENTES*

	Número de la variable										
	1A	1B	2A	2B	3	4	5	6	7	8	9
Año del inventario	Cambio anual en existencias de PMR en uso para consumo	Cambio anual en existencias de PMR en SEDS del consumo	Cambio anual en existencias de PMR en uso producido por recolección nacional	Cambio anual en existencias de PMR en SEDS producido por recolección nacional	Importaciones anuales de madera y productos del papel + madera combustible, pulpa, papel reciclado, rollos / astillas	Exportaciones anuales de madera y productos del papel + madera combustible, pulpa, papel reciclado, rollos / astillas	Recolección nacional anual	Liberación anual de carbono a la atmósfera por consumo de PMR (desde madera para combustible y productos en uso y productos en SEDS)	Liberación anual de carbono a la atmósfera por consumo de PMR (desde madera para combustible) cuando la madera proviene de recolección doméstica (de productos en uso y productos en SEDS)	<i>Aporte de PMR</i> a las emisiones/absorciones de CO ₂ AFOLU	Método usado para estimar el <i>Aporte de PMR</i> ¹
	$\Delta C_{PMR IU DC}$	$\Delta C_{PMR SEDS DC}$	$\Delta C_{PMR IU DH}$	$\Delta C_{PMR SEDS DH}$	P_{IM}	P_{EX}	H	$\uparrow C_{PMR DC}$	$\uparrow C_{PMR DH}$		
	Gg C año ⁻¹									Gg CO ₂ año ⁻¹	
1990											
.....											
Declarar columna 6 o 7 según sea necesario para el método utilizado. La columna 6 o 7 se puede computar por medio de las columnas 1 a 5 o por un método de Nivel 3. Siempre declarar las columnas 3, 4 y 5. Declarar las columnas 1A, 1B, 2A, 2B si se utilizan. El <i>Aporte de PMR</i> y el método deben declararse en las columnas 8 y 9 junto con una descripción del método elegido y las hipótesis principales en el recuadro de documentación. Las variables adicionales calculadas y usadas deben declararse para aumentar la transparencia de los resultados (p. ej., CH ₄ de los SEDS si se utilizó). De ser necesario, agregar más columnas.											
Nota: $\uparrow C_{PMR DC} = H + P_{IM} - P_{EX} - \Delta C_{PMR IU DC} - \Delta C_{PMR SEDS DC}$ Y $\uparrow C_{PMR DH} = H - \Delta C_{PMR IU DH} - \Delta C_{PMR SEDS DH}$											
Recuadro de documentación:											

Anexo 12.A.1 Algunos métodos

En este anexo se presentan descripciones de algunos métodos para los PMR. Las descripciones aquí incluidas se basan en las descripciones originales de los métodos (Brown *et al.*, 1998; y Ford-Robertson, 2003) y se presentan aquí como antecedentes adicionales para los compiladores del inventario. La inclusión de un método aquí no implica avalarlo ni proporcionar una orientación sobre qué método usar. Se utilizan los términos especiales del inventario «emisiones», «absorciones» y «sumideros», sin juicio de valor respecto de si se los utiliza correctamente según sus definiciones especiales.

MÉTODO DE CAMBIO DE EXISTENCIAS

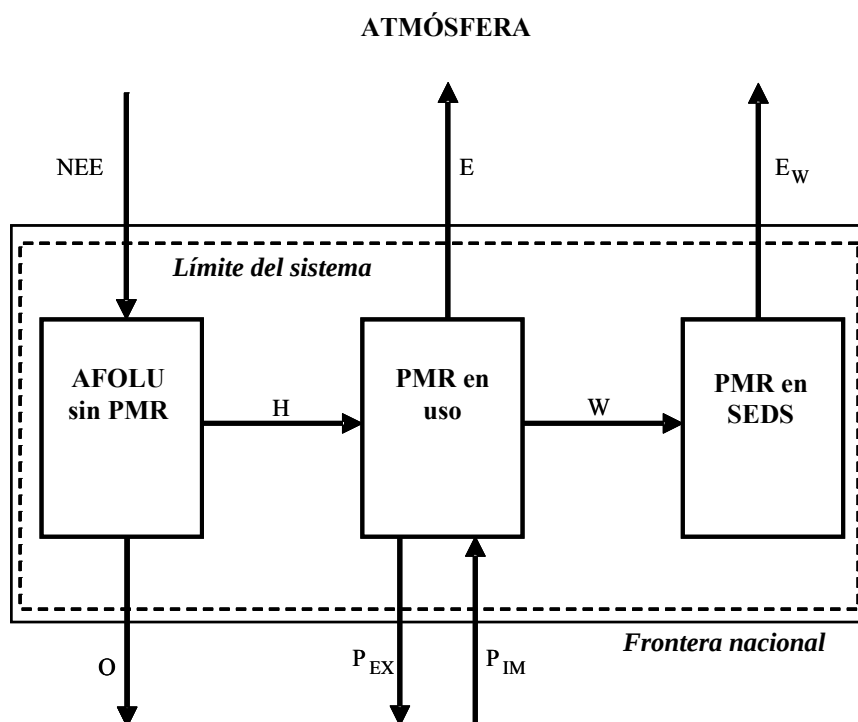


Figura 12.A.1 Límite del sistema del método de cambio de existencias. **Nota:** NEE (del inglés, *net ecosystem exchange*) = intercambio neto de carbono en el ecosistema, E = liberación de carbono a la atmósfera de los PMR en uso, E_w = liberación de carbono a la atmósfera de los PMR en SEDS, H = transferencia de carbono en forma de biomasa de madera recolectada transportada desde los lugares de cosecha, W = transferencia de carbono en forma de residuos de madera a SEDS, P_{EX} = transferencia de carbono en forma de exportaciones de PMR, P_{IM} = transferencia de carbono en forma de importaciones de PMR, O = otras posibles transferencias transfronterizas de carbono del resto de AFOLU (aquí se supone con valor cero).

El método de cambio de existencias (SCA del inglés, *Stock-Change Approach*) estima los cambios en las existencias de carbono de la madera del depósito forestal (y otros suelos productores de madera) y del depósito de productos de madera en el país declarante. Declara los cambios en las existencias de carbono en bosques y otras categorías de suelos que producen madera el país en el cual se cosecha la madera, denominado país productor. Declara los cambios en el depósito de productos el país en el cual se utilizan los productos, denominado país consumidor. Puesto que los cambios en las existencias, de hecho, ocurren en el país declarante, el informe indica cuándo y dónde se producen los cambios en las existencias.

El límite del sistema del Método de cambio de existencias y los depósitos de carbono en estudio se muestran en la Figura 12.A.1. En dicho método, todos los cambios anuales y nacionales en las existencias de C de los depósitos de biomasa del sector AFOLU se suman y las emisiones nacionales de dióxido de carbono se aproximan usando la Ecuación 12.A.1:

ECUACIÓN 12A.1**EMISIONES PROCEDENTES DE AFOLU POR EL MÉTODO DE CAMBIO DE EXISTENCIAS**

$$\begin{aligned}
 \text{Emisiones anuales del CO}_2 \text{ del sector AFOLU} &= -44/12 \bullet [\Delta(\text{AFOLU sin PMR}) + \Delta(\text{PMR en uso}) \\
 &\quad + \Delta(\text{PMR en los SEDS})] \\
 &= -44/12 \bullet [\Delta(\text{AFOLU sin PMR}) + \Delta C_{\text{PMR IU}_{\text{DC}}} + \Delta C_{\text{PMR SEDS}_{\text{DC}}}] \\
 &\quad \text{o} \\
 &= -44/12 \bullet [\Delta(\text{AFOLU sin PMR}) + \mathbf{H} + \mathbf{P}_{\text{IM}} - \mathbf{P}_{\text{EX}} - \uparrow C_{\text{PMR DC}}]
 \end{aligned}$$

Donde:

Δ significa el cambio anual en las existencias de carbono del depósito entre corchetes. Nótese que las variables $\Delta C_{\text{PMR IU}_{\text{DC}}}$ y $\Delta C_{\text{PMR SEDS}_{\text{DC}}}$ están definidas en el Cuadro 12.1.

Es posible usar la Figura 12A.2 para expresar las Ecuaciones 12A.3 y 12A.4 usando las variables de cambio en las existencias de carbono ($\Delta C_{\text{PMR IU}_{\text{DC}}} + \Delta C_{\text{PMR SEDS}_{\text{DC}}}$) o las variables de liberación de carbono y de transferencia de carbono ($\uparrow C_{\text{PMR DC}}$, $\mathbf{H}$, $\mathbf{P}_{\text{IM}}$, $\mathbf{P}_{\text{EX}}$).

Donde:

$\mathbf{H}$ = recolección de la madera que debe utilizarse para PMR (incluida la madera combustible)

$\uparrow C_{\text{PMR DC}} = \mathbf{E} + \mathbf{E}_W$

$\mathbf{E}$ = liberación de carbono a la atmósfera a partir de los PMR en uso

$\mathbf{E}_W$ = liberación de carbono a la atmósfera procedente de los PMR en los SEDS (Debe observarse que aquí la liberación de carbono no se considera la suma de los cambios en las existencias de C como en los métodos de Cambio en las existencias y Producción. Los PMR en uso incluyen todos los productos de madera recolectada consumidos en el país declarante y los PMR en los SEDS incluyen todos los desechos en base a la madera descartados en los sitios de eliminación de desechos sólidos (incluidos los vertederos abiertos y los vertederos) del país declarante).

$\mathbf{P}_{\text{EX}}$ = transferencia de carbono en forma de biomasa basada en la madera exportada

$\mathbf{P}_{\text{IM}}$ = transferencia de carbono en forma de biomasa basada en la madera importada

Dado que la cantidad $-44/12 \bullet \Delta(\text{AFOLU sin PMR})$ ya está declarada en el resto de AFOLU, el *Aporte de PMR* que debe declararse en el módulo de PMR está dado por la Ecuación 12A.2:

ECUACIÓN 12A.2**MÉTODO DE CAMBIO DE EXISTENCIAS: APORTE DE PMR**

$$\begin{aligned}
 \text{Aporte de PMR a las emisiones netas de CO}_2 \text{ de AFOLU}_{\text{SCA}} &= -44/12 \bullet [\Delta C_{\text{PMR IU}_{\text{DC}}} + \Delta C_{\text{PMR SEDS}_{\text{DC}}}] \\
 &\quad \text{o}
 \end{aligned}$$

$$\text{Aporte de PMR a las emisiones netas de CO}_2 \text{ de AFOLU}_{\text{SCA}} = -44/12 \bullet [\mathbf{H} + \mathbf{P}_{\text{IM}} - \mathbf{P}_{\text{EX}} - \uparrow C_{\text{PMR DC}}]$$

En el caso específico en el que el cambio en las existencias de carbono en los depósitos de PMR es cero, se declara el *Aporte de PMR* como cero (Ecuación 12A.2).

MÉTODO DEL FLUJO ATMOSFÉRICO

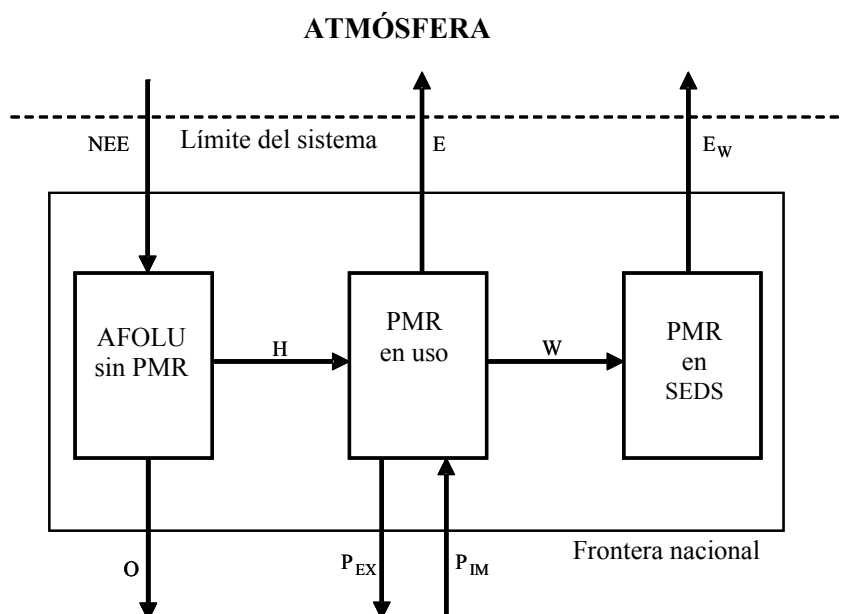


Figura 12.A.2 Límite del sistema del método del flujo atmosférico.

Nota: NEE (del inglés, *net ecosystem exchange*) = intercambio neto de carbono en el ecosistema, E = liberación de carbono a la atmósfera de los PMR en uso, E_w = liberación de carbono a la atmósfera de los PMR en SEDS, H = transferencia de carbono en forma de biomasa de madera recolectada transportada desde los lugares de cosecha, W = transferencia de carbono en forma de residuos de madera a SEDS, P_{EX} = transferencia de carbono en forma de exportaciones de PMR, P_{IM} = transferencia de carbono en forma de importaciones de PMR, O = otras posibles transferencias transfronterizas de carbono del resto de AFOLU (aquí se supone con valor cero).

El Método del flujo atmosférico (AFA, del inglés, *Atmospheric Flor Approach*) estima los flujos de carbono hacia y desde la atmósfera para el depósito forestal (y otras tierras productoras de madera) y el depósito de productos de madera dentro de los límites nacionales, y declara dónde y cuándo se producen estas emisiones y absorciones. Un país incluye en su estimación de emisiones / absorciones las absorciones brutas de carbono de la atmósfera debidas al crecimiento de la biomasa arbórea en bosques y en otras categorías de tierras productoras de madera (neto de descomposición dentro de los bosques) y la liberación de carbono a la atmósfera de la oxidación de productos de madera recolectada que se consumen en su país. La liberación de carbono a la atmósfera de los productos de madera recolectada incluye la liberación de carbono de las importaciones al país declarante.

El límite del sistema del Método del flujo atmosférico y los depósitos de carbono en estudio se muestran en la Figura 12A.2. Los depósitos son los mismos que en el Método de cambio de existencias. La diferencia radica en el hecho de que el Método del flujo atmosférico estima el intercambio de carbono atmosférico del Sector AFOLU del país declarante, en vez de los cambios de existencias dentro del país. La Ecuación 12A.3 presenta las emisiones nacionales de dióxido de carbono:

ECUACIÓN 12A.3
EMISIONES DE AFOLU SEGÚN EL MÉTODO DEL FLUJO ATMOSFÉRICO

$$\begin{aligned} \text{Emisiones de CO}_2 \text{ de AFOLU} &= -44/12 \bullet (NEE - E - E_w) = -44/12 \bullet (NEE - \uparrow C_{PMR\ DC}) \\ &= -44/12 \bullet [\Delta(\text{AFOLU sin PMR}) + \Delta C_{PMR\ IU_{DC}} + \Delta C_{PMR\ SEDS_{DC}} + P_{EX} - P_{IM}] \\ &\quad \text{o} \\ &= -44/12 \bullet [\Delta(\text{AFOLU sin PMR}) + H - \uparrow C_{PMR\ DC}] \end{aligned}$$

Es posible usar la Figura 12A.2 para expresar las Ecuaciones 12A.3 y 12A.4 usando las variables de cambio en las existencias de carbono y de transferencia de carbono ($\Delta C_{PMR\ IU_{DC}}$, $\Delta C_{PMR\ SEDS_{DC}}$, P_{IM} , P_{EX}) o las variables de liberación de carbono y de transferencia de carbono ($\uparrow C_{PMR\ DC}$, H).

Donde:

NEE = intercambio neto de carbono en el ecosistema

E , E_W , $\uparrow C_{PMR\ DC}$, P_{EX} , P_{IM} y H se definen antes

Puesto que la cantidad $-44/12 \bullet \Delta(\text{AFOLU sin PMR})$ se declara en otras partes, el *Aporte de PMR* que debe declararse está dado por la Ecuación 12A.4:

ECUACIÓN 12A.4 MÉTODO DEL FLUJO ATMOSFÉRICO: <i>APORTE DE PMR</i> <i>Aporte de PMR a las emisiones netas de CO₂ de AFOLU</i> $_{AFA} = -44/12 \bullet [\Delta C_{PMR\ IU_{DC}} + \Delta C_{PMR\ SEDS_{DC}} + P_{EX} - P_{IM} + O]$ o <i>Aporte de PMR a las emisiones netas de CO₂ de AFOLU</i> $_{AFA} = -44/12 \bullet [H - \uparrow C_{PMR\ DC}]$

En el caso específico de que el cambio en las existencias del carbono de los depósitos de PMR sea cero, aún deben declararse *las importaciones menos las exportaciones de carbono* como el *Aporte de PMR* a las emisiones netas de CO₂ de AFOLU (véase la Ecuación 12A.4).

MÉTODO DE PRODUCCIÓN

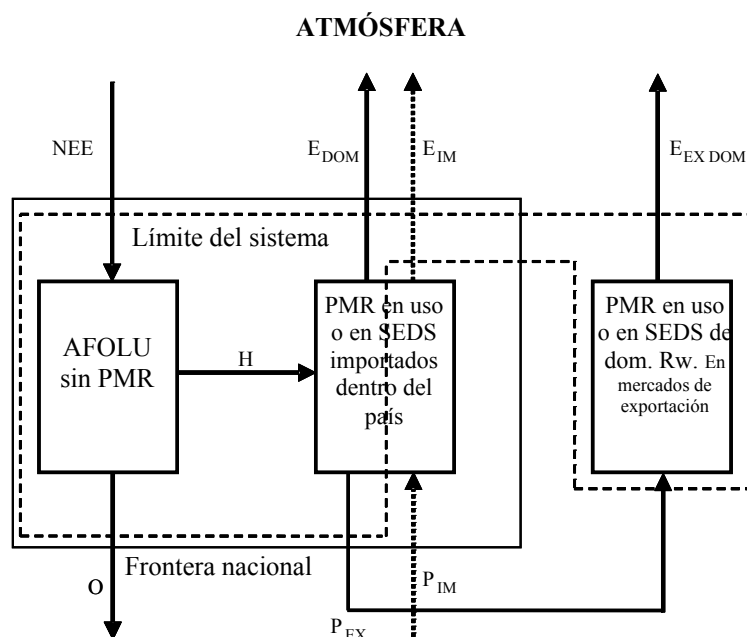


Figura 12.A.3 Límite del sistema del método de la producción.

Nota: NEE (del inglés, *net ecosystem exchange*) = intercambio neto de carbono en el ecosistema, E_{DOM} = liberación de carbono a la atmósfera procedente de los depósitos de PMR cultivados en el ámbito nacional en uso y en los SEDS, E_{IM} = liberación de carbono a la atmósfera procedente de los depósitos de PMR importados en uso y en los SEDS, $E_{EX\ DOM}$ = liberación de carbono a la atmósfera procedente de los depósitos de PMR cultivados en el ámbito nacional pero exportados, en uso y en los SEDS, H = transferencia de carbono en forma de biomasa de madera recolectada transportada desde los sitios de recolección, P_{EX} = transferencia de carbono en forma de exportaciones de PMR, P_{IM} = transferencia de carbono en forma de importaciones de PMR, O = otras posibles transferencias transfronterizas de carbono del resto de AFOLU (aquí se supone con valor cero). Nota: Solamente los PMR de los mercados de exportación producidos a partir de los rollizos nacionales están dentro del límite del sistema, no solamente los procesados en el país declarante sino hechos de rollizos importados. En principio, el P_{EX} de transferencia puede incluir a ambos.

El Método de producción estima los cambios en las existencias de carbono del depósito forestal (y de otros suelos productores de madera) del país declarante y el depósito de productos de madera que contiene productos hechos de la madera recolectada en el país declarante. El depósito de productos de madera incluye los productos hechos a partir de la recolección nacional que se exportan y almacenan en usos en otros países. Este método realiza el inventario de los productos de madera procedentes de la madera recolectada en el ámbito nacional y no

proporciona un inventario completo del carbono de la madera que se encuentra en las existencias nacionales. Puesto que algunos de los cambios en las existencias declarados por un país pueden darse en otros países (donde se retienen las exportaciones), el informe de cambio de existencias indica cuándo pero no dónde se producen los cambios.

El límite del sistema del Método de producción y los depósitos de carbono en estudio se muestran en la Figura 12A.3. Las emisiones nacionales de dióxido de carbono se aproximan mediante la Ecuación 12A.5:

$$\begin{aligned}
 &\textbf{ECUACIÓN 12A.5} \\
 &\textbf{EMISIONES PROCEDENTES DE AFOLU SEGÚN EL MÉTODO DE PRODUCCIÓN} \\
 &\text{Emisiones de CO}_2 \text{ del sector AFOLU} = -44/12 \bullet [\Delta(\text{AFOLU sin PMR}) + \Delta C_{\text{PMR IU}_{\text{DH}}} + \\
 &\quad \Delta C_{\text{PMR SEDS}_{\text{DH}}}] \\
 &\quad \text{o} \\
 &= -44/12 \bullet [\Delta(\text{AFOLU sin PMR}) + \text{H} - \uparrow C_{\text{PMR DH}}]
 \end{aligned}$$

Es posible usar la Figura 12A.3 para expresar las Ecuaciones 12A.5 y 12A.6 usando las variables de cambio en las existencias de carbono y de transferencia de carbono ($\Delta C_{\text{PMR IU}_{\text{DH}}}$, $\Delta C_{\text{PMR SEDS}_{\text{DH}}}$) o las variables de liberación de carbono y de transferencia de carbono ($\uparrow C_{\text{PMR DH}}$, H). Donde las variables $\Delta C_{\text{PMR IU}_{\text{DH}}}$ y $\Delta C_{\text{PMR SEDS}_{\text{DH}}}$ se definen en el Cuadro 12.1 y $\uparrow C_{\text{PMR DH}} = E_{\text{DOM}} + E_{\text{EX DOM}}$.

Dado que la cantidad $-44/12 \bullet \Delta(\text{AFOLU sin PMR})$ está declarada en el resto de AFOLU, el *Aporte de PMR* que debe declararse en el módulo de PMR está dado por la Ecuación 12A.6:

$$\begin{aligned}
 &\textbf{ECUACIÓN 12A.6} \\
 &\textbf{MÉTODO DE PRODUCCIÓN: APORTE DE PMR} \\
 &\text{Aporte de PMR a las emisiones netas de CO}_2 \text{ de AFOLU}_{\text{PA}} = -44/12 \bullet [\Delta C_{\text{PMR IU}_{\text{DH}}} + \Delta C_{\text{PMR SEDS}_{\text{DH}}}] \\
 &\quad \text{o} \\
 &\text{Aporte de PMR a las emisiones netas de CO}_2 \text{ de AFOLU}_{\text{PA}} = -44/12 \bullet [\text{H} - \uparrow C_{\text{PMR DH}}]
 \end{aligned}$$

En el caso específico en el que el cambio en las existencias de carbono en los depósitos anteriores de PMR es cero, se declara el *Aporte de PMR* a los PMR de emisiones netas de CO₂ como cero (Ecuación 12A.6).

MÉTODO DE LA DESCOMPOSICIÓN SIMPLE

A través de este método se estiman y declaran las emisiones o absorciones netas de carbono hacia y desde la atmósfera, en el momento en el que se producen –pero no en el lugar– si se comercializan los productos de madera. Declara las absorciones de carbono de la atmósfera debidas al crecimiento forestal, y las emisiones resultantes de la oxidación de los productos de madera recolectada el país productor.

Este método para estimar y declarar a partir de los PMR (descomposición simple) fue propuesto por Ford-Robertson (2003). Así como el Método de la producción difiere del de Cambio de las existencias (para el primero, el productor justifica y declara todos los cambios en las existencias y, para el segundo, es el país en el que se producen dichos cambios el que los declara), el Método de descomposición simple (SDA) se relaciona de forma similar con el Método del flujo atmosférico (para el Método de descomposición simple, toda liberación de CO₂ es declarada por el país en el que se recolectaron los PMR y para el del flujo atmosférico, declara toda liberación de CO₂ el país en el que se produce la liberación). El Método de descomposición simple difiere del de Producción en el sentido de que se considera que el depósito de PMR está relacionado con las actividades del bosque y, por lo tanto, no supone la oxidación instantánea de la madera en el año de la recolección. Esto significa que la cantidad de recolección de un año (Variable H , permanece parte del depósito de carbono de AFOLU (p. ej., bosque u otra superficie de tierra) y no se cuenta como parte de las emisiones. La cantidad estimada para descomposición simple es la cantidad de emisiones procedentes de los PMR cada año ($\uparrow C_{\text{PMR DH}}$). Esta sugerencia de incluir y declarar la recolección anual como parte de las absorciones de CO₂ de la superficie del terreno, y declarar el *Aporte de PMR* como $(44/12 \bullet \uparrow C_{\text{PMR DH}})$ es solo una propuesta en este punto. Para estas directrices, se solicita a los compiladores declarar el *Aporte de PMR* para el Método de descomposición simple como $[-44/12 \bullet (\text{H} - \uparrow C_{\text{PMR DH}})]$.

CUADRO A12.1 RESUMEN DEL MODO DE COMPUTAR EL APOORTE DE PMR USANDO LAS VARIABLES DEL CUADRO 12.7		
Método	Cómo estimar el Aporte de PMR usando las Variables 1 a 5 de PMR	Cómo estimar el Aporte de PMR usando las estimaciones de liberación de carbono (Variables 6 y 7) y las variables 3 a 5 de PMR
Cambio en las existencias	$-44/12 \bullet \Delta C_{PMR\ DC}$, [es decir, $-44/12 \bullet (Var\ 1A + Var\ 1B)$]	$-44/12 \bullet (H + P_{IM} - P_{EX} - \uparrow C_{PMR\ DC})$, [es decir, $-44/12 \bullet (Var\ 5 + Var\ 3 - Var\ 4 - Var\ 6)$]
Flujo atmosférico	$-44/12 \bullet (\Delta C_{PMR\ DC} + P_{EX} - P_{IM})$, [es decir $-44/12 \bullet (Var\ 1A + Var\ 1B - Var\ 3 + Var\ 4)$]	$-44/12 \bullet (H - \uparrow C_{PMR\ DC})$, [es decir $-44/12 \bullet (Var\ 5 - Var\ 6)$]
Producción	$-44/12 \bullet \Delta C_{PMR\ DH}$, [es decir, $-44/12 \bullet (Var\ 2A + Var\ 2B)$]	$-44/12 \bullet (H - \uparrow C_{PMR\ DH})$, [es decir $-44/12 \bullet (Var\ 5 - Var\ 7)$]
Descomposición simple	NA	Según las presentes directrices, declarar el Aporte de PMR como $-44/12 \bullet (H - \uparrow C_{PMR\ DH})$, [es decir $-44/12 \bullet (Var\ 5 - Var\ 7)$] Propuesta de cambio en la declaración declarar ($-44/12 \bullet H$) como parte de las absorciones de la superficie de tierra de AFOLU (superficie forestal o terrestre) Declarar el Aporte de PMR como liberación de CO₂ procedente de los PMR ($44/12 \bullet \uparrow C_{PMR\ DH}$)

Referencias

- Brown, S., Lim, B. and Schlamadinger, B. (1998). Evaluating Approaches for Estimating Net Emissions of Carbon Dioxide from Forest Harvesting and Wood Products. Report of a meeting sponsored by the IPCC held in Dakar, Senegal, 5-7 May, 1998. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/mtdocs/pdfiles/dakar.pdf> and <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/mtdocs/dakar.htm>
- Cowie, A., Pingoud, K. and Schlamadinger, B. (2006). Stock changes or fluxes? Resolving terminological confusion in the debate on land use change and forestry, *Climate Policy*, Vol. 6, No. 2.
- Flugsrud, K., Hoem, B., Kvingedal, E. and Rypdal, R. (2001). Estimating net emissions of CO₂ from harvested wood products. SFT report 1831/200. Norwegian Pollution Control Authority, Oslo 47 p. <http://www.sft.no/publikasjoner/luft/1831/ta1831.pdf>
- Food and Agriculture Organization (2005). FAOSTAT Forestry data. Web site <http://faostat.fao.org/faostat/collections?subset=forestry> accessed January 3, 2005.
- Ford-Robertson, J.B. (2003). Implications of Harvested Wood Products Accounting - Analysis of issues raised by Parties to the UNFCCC and development of a Simple Decay approach. MAF Technical Paper No 2003/5, 30p. Ministry of Agriculture and Forestry, Wellington, New Zealand. <http://www.maf.govt.nz/forestry/publications/index.htm>
- Gardner, W.D., Ximenes, F., Cowie, A., Marchant, J.F., Mann, S. and Dods, K. (2002). Decomposition of wood products in the Lucas Heights landfill facility. Presented at the Third Australian Conference on 'Life Cycle Assessment – "Life Cycle Decision-making for Sustainability"'. Queensland, Australia, 17 – 19 July, 2002. State Forests of New South Wales, Sydney, Australia. (<http://www.greenhouse.crc.org.au/crc/ecarbon/enews/gardner.pdf>)
- Gjesdal, S.F.T., Flugsrud, K., Mykkelbost, T.C. and Rypdal, K. (1996). A balance of use of wood products in Norway, Norwegian Pollution Control Authority SFT, Report 96:04, 54 p.
- Haygreen, J.G. and Bower, J.L. (1989). Forest Products and Wood Science – An Introduction, 2nd edition. Iowa State University Press. Ames, Iowa. 500 p.
- Hashimoto, S. and Moriguchi, Y. (2004). Data Book: Material and carbon flow of harvested wood in Japan. CGER-D034-2004. National Institute for Environmental Studies, Japan. Tsukuba. 40p. <http://www-cger.nies.go.jp/publication/D034/D034.pdf>
- IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories. Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Tréanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. Callander B.A. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA, Paris, France.
- IPCC (2003). Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Penman J., Gytarsky M., Hiraishi T., Krug, T., Kruger D., Pipatti R., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K., Wagner F. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/IGES, Hayama, Japan.
- Jenkins, J.C., Chojnacky, D.C., Heath, L.S. and Birdsey, R.A. (2003). National-scale biomass estimators for United States tree species. *Forest Science*. 49(1):12-35. http://www.fs.fed.us/ne/newtown_square/publications/other_publishers/OCR/ne_2003jenkins01.pdf
- Micales, J.A and Skog, K.E. (1997). The decomposition of forest products in landfills. *International Biodeterioration and Biodegradation* 39(2-3): pp. 145-158
- National Council for Air and Stream Improvement, Inc. (NCASI). (2004). Critical Review of Forest Products Decomposition in Municipal Solid Waste Landfills. Technical Bulletin No. 0872. Research Triangle Park, NC: National Council for Air and Stream Improvement, Inc. <http://www.ncasi.org/publications/Detail.aspx?id=97>
- Pingoud, K., Perälä, A.-L. and Pussinen, A. (2001). Carbon dynamics in wood products. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, Vol. 6, No. 2, pp. 91-111, 2001.
- Pingoud, K., Savolainen, I. and Seppala, H. (1996). Greenhouse impact of the Finnish forest sector including forest products and waste management. *Ambio* 25:pp. 318-326.
- Pingoud, K., Perälä, A.-L., Soimakallio, S. and Pussinen, A. (2003). Greenhouse gas impacts of harvested wood products. Evaluation and development of methods. VTT Research Notes 2189, 138 p. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2003/T2189.pdf>
- Pingoud, K. and Wagner, F. (2006). Methane emissions from landfills and decay of harvested wood products: the first order decay revisited. IIASA Interim Report IR-06-004

- UNFCCC Secretariat (2003). Estimation, reporting, and accounting of harvested wood products - Technical paper. FCCC/TP/2003/7 27 October 2003. Bonn, Germany. <http://unfccc.int/resource/docs/tp/tp0307.pdf>
- UNFCCC Secretariat (2004). Report on the workshop on harvested wood products [held in Lillehammer, Norway, from 30 August to 1 September 2004.] FCCC/SBSTA/2004/INF.11 25 October 2004. Bonn, Germany <http://unfccc.int/resource/docs/2004/sbsta/inf11.pdf>
- Winjum, J. K., Brown, S. and Schlamadinger, B. (1998). Forest harvests and wood products: Sources and sinks of atmospheric carbon dioxide. *Forest Science* **44** (2):272-284.

ANNEX 1

WORKSHEETS

Authors

Zoltan Somogyi (European Commission/Hungary)

Joe Mangino (USA), Stephen Ogle (USA), John Raison (Australia), and Louis Verchot (ICRAF)

Contents

Annex 1	Worksheets	
3A1	Enteric Fermentation	A1.7
3A2	Manure Management.....	A1.7
3B1	Forest Land.....	A1.9
3B2	Cropland.....	A1.21
3B3	Grassland.....	A1.28
3B4	Wetlands.....	A1.34
3B5	Settlements	A1.40
3B6	Other Land	A1.45
3C1	Greenhouse gas emissions from Biomass Burning	A1.48
3C2	Liming.....	A1.55
3C3	Urea Fertilization.....	A1.56
3C4	Direct N ₂ O emissions from Managed Soils.....	A1.57
3C5	Indirect N ₂ O emissions from Managed Soils	A1.59
3C6	Indirect N ₂ O emissions from Manure Management.....	A1.61
3C7	Rice Cultivation	A1.63

INTRODUCTION

This Annex presents worksheets to enable inventory compilers to readily implement the Tier 1 methods. Note that, in many cases, these worksheets are also applicable to Tier 2 methods, where the same equations and variables are applied together with country-specific information. Volume 1, Chapter 8 gives guidance on how to report the resulting emission and removal estimates.

Tables A1.1, A1.2, and A1.3 below provide the summary of Tier 1 worksheets available in this Volume. These worksheets are presented according to the following three broad categories in the Reporting Guidance and Tables (Volume 1, Table 8.2):

1. Worksheets for Livestock (3A)
2. Worksheets for Land (3B)
3. Worksheets for Aggregate sources and non- CO₂ emissions sources on land (3C)

Worksheets for Livestock include Enteric Fermentation and Manure Management worksheets. Worksheets for Land are grouped into six land-use categories and each group is sub-divided into three: biomass worksheets; dead organic matter worksheets; and soil worksheets (which are further divided into mineral soils and organic soils). Worksheets for aggregate sources and non-CO₂ emissions sources on land include worksheets for: 1) greenhouse emissions from Biomass Burning; 2) Liming; 3) Urea Fertilization; 4) Direct and Indirect N₂O emissions from Managed Soils and Manure Management; and 5) Rice Cultivation.

All worksheets are labelled according to:

- 1) Sector (i.e., AFOLU)
- 2) Category/subcategory (see category list in Table 8.2 of Volume 1)
- 3) Category code (also in Table 8.2); and
- 4) Sheet number

Worksheets for land-use categories contain columns for both the initial and final land-use categories. The worksheets allow further stratification using the column for subcategories for the reporting year.

When using the worksheets, care should be taken to apply the appropriate units for both the input, as well as the output values. Note that while a positive stock-change implies the stock increases, for the purpose of reporting, the signs are always positive (+) for emissions and negative (-) for removals or uptake.

Abbreviations used in the worksheets for the units of the variables are the following:

C = carbon

yr = year

ha = hectare

dm = dry mass

ag = above-ground

bg = below-ground

GHG = greenhouse gas

“-“ means dimensionless

TABLE A1.1 TIER 1 WORKSHEETS AND ASSUMPTIONS FOR LAND-USE BASED C STOCK CHANGES					
Land-use category	Land-use subcategory	Biomass ¹ or Peat ³	Dead organic matter ²	Soils	
				Mineral	Organic
Forest Land (FL)	FL Remaining FL	Yes	0	0	Yes
	Land Converted to FL	Yes	Yes	Yes	Yes
Cropland (CL)	CL Remaining CL	Yes	0	Yes	Yes
	Land Converted to CL	Yes	Yes	Yes	Yes
Grassland (GL)	GL Remaining GL	0	0	Yes	Yes
	Land Converted to GL	Yes	Yes	Yes	Yes
Wetlands (WL)	WL Remaining WL	Yes	NA	NA	NA
	Land Converted to WL	Yes	Yes ⁵	NA	NA
Settlements (SL)	SL Remaining SL	0	0	0	Yes
	Land Converted to SL	Yes ⁴	Yes	Yes	Yes
Other Land (OL)	OL Remaining OL	NA	NA	NA	NA
	Land Converted to OL	Yes	NA	Yes	Yes
Notes: Yes = worksheets for Tier 1 methods are available. 0 = default assumption is that emissions are zero or in equilibrium; no worksheet is needed. NA = not applicable ¹ Includes above-ground and below-ground biomass unless specified. ² Includes dead wood and litter. ³ Peat is applicable only to Wetlands. ⁴ Includes only above-ground biomass; C stock changes from below-ground biomass is zero. ⁵ Use the worksheet for Cropland, if needed					

TABLE A1.2 TIER 1 WORKSHEETS AND ASSUMPTIONS FOR LAND-USE BASED NON- CO₂ EMISSIONS				
Land-use category	Land-use subcategory	Non-CO₂ from Fire	CH₄ emissions from rice cultivation	N₂O emissions from peat management
Forest Land (FL)	FL Remaining FL	Yes	NA	NA
	Land Converted to FL	Yes	NA	NA
Cropland (CL)	CL Remaining CL	Yes	Yes	NA
	Land Converted to CL	Yes	NA	NA
Grassland (GL)	GL Remaining GL	Yes	NA	NA
	Land Converted to GL	Yes	NA	NA
Wetlands (WL)	WL Remaining WL	NA	NA	Yes
	Land Converted to WL	Yes ¹	NA	Yes
Settlements (SL)	SL Remaining SL	NA	NA	NA
	Land Converted to SL	NA	NA	NA
Other Land (OL)	OL Remaining OL	NA	NA	NA
	Land Converted to OL	NA	NA	NA
Notes: Yes = worksheets for Tier 1 methods are available. NA = not applicable ¹ Refer to guidance in the Forest Land, Cropland, and Grassland Chapters.				

TABLE A1.3 TIER 1 WORKSHEETS AND ASSUMPTIONS FOR N₂O EMISSIONS FROM MANAGED SOILS, AND CO₂ EMISSIONS FROM LIME AND UREA APPLICATION	
Emissions	Worksheet
Direct N ₂ O emissions from Managed Soils	Yes
N ₂ O from atmospheric deposition of N volatilised from Managed Soils	Yes
Annual CO ₂ emissions from Liming	Yes
Annual CO ₂ emission from Urea Fertilization	Yes

Sector	Agriculture, Forestry and Other Land Use				
Category	Methane Emissions from Enteric Fermentation and Manure Management				
Category code	3A1 and 3A2				
Sheet	1 of 1				
Equation	Equation 10.19		Eq. 10.19 and 10.20	Equation 10.22	
Species/Livestock category	Number of animals	Emission factor for Enteric Fermentation	CH ₄ emissions from Enteric Fermentation	Emission factor for Manure Management	CH ₄ emissions from Manure Management
	(head)	(kg head ⁻¹ yr ⁻¹)	(Gg CH ₄ yr ⁻¹)	(kg head ⁻¹ yr ⁻¹)	(Gg CH ₄ yr ⁻¹)
		Tables 10.10 and 10.11	$CH_4 \text{ Enteric} = N_{(T)} * EF_{(T)} * 10^{-6}$	Tables 10.14 - 10.16	$CH_4 \text{ Manure} = N_{(T)} * EF_{(T)} * 10^{-6}$
T	N_(T)	EF_(T)	CH₄ Enteric	EF_(T)	CH₄ Manure
Dairy Cows					
Other Cattle					
Buffalo					
Sheep					
Goats					
Camels					
Horses					
Mules and Asses					
Swine					
Poultry					
Other ¹					
Total					

¹ Specify livestock categories as needed using additional lines (e.g. llamas, alpacas, reindeers, rabbits, fur-bearing animals etc.)

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use							
Category		Manure Management: Direct N₂O Emissions from Manure Management Systems							
Category code		3A2							
Sheet		1 of 1							
Equation		Eq. 10.25	Equation 10.30			Equation 10.25			
Manure Management System (MMS) ¹	Species/Livestock category	Number of animals	Default N excretion rate	Typical animal mass for livestock category	Annual N excretion per head of species/livestock category ³	Fraction of total annual nitrogen excretion managed in MMS for each species/livestock category	Total nitrogen excretion for the MMS ⁴	Emission factor for direct N ₂ O-N emissions from MMS	Annual direct N ₂ O emissions from Manure Management
		(head)	[kg N (1000 kg animal) ⁻¹ day ⁻¹]	(kg)	(kg N animal ⁻¹ year ⁻¹)	(-)	(kg N yr ⁻¹)	[kg N ₂ O-N (kg N in MMS) ⁻¹]	kg N ₂ O yr ⁻¹
			Table 10.19	Tables 10A-4 to 10A-9	$N_{ex(T)} = N_{rate(T)} * TAM * 10^{-3} * 365$	Tables A4-A8	$NE_{MMS} = N_{(T)} * N_{ex(T)} * MS_{(T,S)}$	Table 10.21	$N_{2O(mm)} = NE_{MMS} * EF_{3(S)} * 44/28$
S	T	N_(T)	N_{rate(T)}	TAM	N_{ex(T)}	MS_(T,S)	NE_{MMS}	EF_{3(S)}	N_{2O(D(mm))}
	Dairy Cows								
	Other Cattle								
	Buffalo								
	Sheep								
	Goats								
	Camels								
	Horses								
	Mules and Asses								
	Swine								
	Poultry								
	Other ²								
Total									

¹ The calculations must be done by Manure Management System, and for each management system, the relevant species/livestock category (ies) must be selected. For the Manure Management Systems, see Table 10.18.

² Specify livestock categories as needed using additional lines (e.g. llamas, alpacas, reindeers, rabbits, fur-bearing animals etc.)

³ Country-specific values are preferred to directly enter into this column. If these are not available, use default values of N_{rate(T)} and TAM to calculate this variable.

⁴ This value will be input to worksheet in Indirect N₂O emissions from Manure Management (see category 3C6).

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use						
Category		Forest Land Remaining Forest Land: Annual increase in carbon stocks in biomass (includes above-ground and below-ground biomass)						
Category code		3B1a						
Sheet		1 of 4						
Equation		Equation 2.2	Equation 2.9	Equation 2.10			Equation 2.9	
Land-use category		Subcategories for reporting year	Area of Forest Land Remaining Forest Land	Average annual above-ground biomass growth	Ratio of below-ground biomass to above-ground biomass	Average annual biomass growth above- and below-ground	Carbon fraction of dry matter	Annual increase in biomass carbon stocks due to biomass growth
Initial land use	Land use during reporting year		(ha)	(tonnes dm ha ⁻¹ yr ⁻¹)	[tonnes bg dm (tonne ag dm) ⁻¹]	(tonnes dm ha ⁻¹ yr ⁻¹)	[tonnes C (tonne dm) ⁻¹]	(tonnes C yr ⁻¹)
			National statistics or international data sources	Tables 4.9, 4.10 and 4.12	zero (0) or Table 4.4	G _{TOTAL} = GW * (1+R)	0.5 or Table 4.3	ΔC _G = A * G _{TOTAL} * CF
			A	G _W	R	G _{TOTAL}	CF	ΔC _G
FL	FL	(a)						
		(b)						
		(c)						
Total								

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use					
Category		Forest Land Remaining Forest Land: Loss of carbon from wood removals					
Category code		3B1a					
Sheet		2 of 4					
Equation		Equation 2.2	Equation 2.12				
Land-use category		Subcategories for reporting year	Annual wood removal	Biomass conversion and expansion factor for conversion of removals in merchantable volume to total biomass removals (including bark)	Ratio of below-ground biomass to above-ground biomass	Carbon fraction of dry matter	Annual carbon loss due to biomass removals
Initial land use	Land use during reporting year		(m ³ yr ⁻¹)	[tonnes of biomass removals (m ³ of removals) ⁻¹]	[tonnes bg dm (tonne ag dm) ⁻¹]	[tonnes C (tonne dm) ⁻¹]	(tonnes C yr ⁻¹)
			National statistics or international data sources	Table 4.5	zero (0) or Table 4.4	0.5 or Table 4.3	L _{wood-removals} = H * BCEF _R * (1+R) * CF
			H	BCEF _R	R	CF	L _{wood-removals}
FL	FL	(a)					
		(b)					
		(c)					
Total							

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use							
Category		Forest Land Remaining Forest Land: Loss of carbon from fuelwood removals							
Category code		3B1a							
Sheet		3 of 4							
Equation		Equation 2.2	Equation 2.13						
Land-use category		Subcategories for reporting year	Annual volume of fuelwood removal of whole trees	Biomass conversion and expansion factor for conversion of removals in merchantable volume to biomass removals (including bark)	Ratio of below-ground biomass to above-ground biomass	Annual volume of fuelwood removal as tree parts	Basic wood density	Carbon fraction of dry matter	Annual carbon loss due to fuelwood removal
Initial land use	Land use during reporting year		(m³ yr ⁻¹)	[tonnes of biomass removals (m³ of removals) ⁻¹]	[tonnes bg dm (tonne ag dm) ⁻¹]	(m³ yr ⁻¹)	tonnes m ⁻³	[tonnes C (tonne dm) ⁻¹]	(tonnes C yr ⁻¹)
			FAO statistics	Table 4.5	zero (0) or Table 4.4	FAO statistics	Tables 4.13 and 4.14	0.5 or Table 4.3	L _{fuelwood} = [FG _{trees} * BCEF _R * (1+R) + FG _{part} * D] * CF
			FG _{trees}	BCEF _R	R	FG _{part}	D	CF	L _{fuelwood}
FL	FL	(a)							
		(b)							
		(c)							
Total									

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use						
Category		Forest Land Remaining Forest Land: Loss of carbon from disturbance						
Category code		3B1a						
Sheet		4 of 4						
Equation		Equation 2.2	Equation 2.14					Equation 2.11
Land-use category		Subcategories for reporting year	Area affected by disturbances	Average above-ground biomass of areas affected	Ratio of below-ground biomass to above-ground biomass	Carbon fraction of dry matter	Annual other losses of carbon	Annual decrease in carbon stocks due to biomass loss
Initial land use	Land use during reporting year		(ha yr ⁻¹)	(tonnes dm ha ⁻¹)	[tonnes bg dm (tonne ag dm) ⁻¹]	[tonnes C (tonne dm) ⁻¹]	(tonnes C yr ⁻¹)	(tonnes C yr ⁻¹)
			National statistics or international data sources	Table 4.7 & 4.8	zero (0) or Table 4.4	0.5 or Table 4.3	L _{disturbances} = A * B _w * (1+R) * CF * fd	ΔC _L =L _{wood-removals} + L _{fuelwood} + L _{disturbances}
			A _{disturbance}	B _w	R	CF	L _{disturbances}	ΔC _L
FL	FL	(a)						
		(b)						
		(c)						
Total								

Note: fd = fraction of biomass lost in disturbance; a stand-replacing disturbance will kill all (fd = 1) biomass while an insect disturbance may only remove a portion (e.g. fd = 0.3) of the average biomass C density.

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use			
Category		Forest Land Remaining Forest Land (FL-FL): Annual carbon loss from drained organic soils			
Category code		3B1a			
Sheet		1 of 1			
Equation		Equation 2.2	Equation 2.26		
Land-use category		Subcategories for reporting year	Land area of drained organic soil	Emission factor for climate type	Annual carbon loss from drained organic soils
Initial land use	Land use during reporting year		(ha)	(tonnes C ha ⁻¹ yr ⁻¹)	(tonnes C yr ⁻¹)
				Table 4.6	L_{Organic} = A * EF
			A	EF	L_{Organic}
FL	FL	(a)			
		(b)			
		(c)			
Total					

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use						
Category		Land Converted to Forest Land: Annual increase in carbon stocks in biomass (includes above- and below-ground biomass)						
Category code		3B1b						
Sheet		1 of 4						
Equation		Equation 2.2	Equation 2.9	Equation 2.10			Equation 2.9	
Land-use category		Subcategories for reporting year	Area of land Converted to Forest Land	Average annual above-ground biomass growth	Ratio of below-ground biomass to above-ground biomass	Average annual biomass growth above and below-ground	Carbon fraction of dry matter	Annual increase in biomass carbon stocks due to biomass growth
Initial land use ¹	Land use during reporting year		(ha)	(tonnes dm ha ⁻¹ yr ⁻¹)	[tonnes bg dm (tonne ag dm) ⁻¹]	(tonnes dm ha ⁻¹ yr ⁻¹)	[tonnes C (tonne dm) ⁻¹]	(tonnes C yr ⁻¹)
			National statistics or international data sources	Tables 4.9, 4.10 and 4.12	zero (0) or Table 4.4	G _{TOTAL} = G _W * (1+R)	0.5 or Table 4.3	ΔC _G = A * G _{TOTAL} * CF
			A	G _W	R	G _{TOTAL}	CF	ΔC _G
CL	FL	(a)						
		(b)						
Sub-total								
GL	FL	(a)						
		(b)						
Sub-total								
WL	FL	(a)						
		(b)						
Sub-total								
SL	FL	(a)						
		(b)						
Sub-total								
OL	FL	(a)						
		(b)						
Sub-total								
Total								

¹ If data by initial land use are not available, use only "non-FL" in this column.

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use					
Category		Land Converted to Forest Land: Loss of carbon from wood removals¹					
Category code		3B1b					
Sheet		2 of 4					
Equation		Equation 2.2	Equation 2.12				
Land-use category		Subcategories for reporting year	Annual wood removal	Biomass conversion and expansion factor for conversion of removals in merchantable volume to total biomass removals (including bark)	Ratio of below-ground biomass to above-ground biomass	Carbon fraction of dry matter	Annual carbon loss due to biomass removals
Initial land use ²	Land use during reporting year		(m ³ yr ⁻¹)	[tonnes of biomass removals (m ³ of removals) ⁻¹]	[tonnes bg dm (tonne ag dm) ⁻¹]	[tonnes C (tonne dm) ⁻¹]	(tonnes C yr ⁻¹)
			National statistics or international data sources	Table 4.5	zero (0) or Table 4.4	0.5 or Table 4.3	$L_{\text{wood-removals}} = H * BCEF_R * (1+R) * CF$
			H	BCEF_R	R	CF	L_{wood-removals}
CL	FL	(a)					
		(b)					
Sub-total							
GL	FL	(a)					
		(b)					
Sub-total							
WL	FL	(a)					
		(b)					
Sub-total							
SL	FL	(a)					
		(b)					
Sub-total							
OL	FL	(a)					
		(b)					
Sub-total							
Total							

¹ This worksheet is to be used if the assumption is that losses are not zero. See Chapter 4.3.1.1.

² If data by initial land use are not available, use only "non-FL" in this column.

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use							
Category		Land Converted to Forest Land: Loss of carbon from fuelwood removals ¹							
Category code		3B1b							
Sheet		3 of 4							
Equation		Equation 2.2	Equation 2.13						
Land-use category		Subcategories for reporting year	Annual volume of fuelwood removal of whole trees	Biomass conversion and expansion factor for conversion of removals in merchantable volume to biomass removals (including bark)	Ratio of below-ground biomass to above-ground biomass	Annual volume of fuelwood removal as tree parts	Basic wood density	Carbon fraction of dry matter	Annual carbon loss due to fuelwood removal
Initial land use ²	Land use during reporting year		(m ³ yr ⁻¹)	[tonnes of biomass removal (m ³ of removals) ⁻¹]	[tonnes bg dm (tonne ag dm) ⁻¹]	(m ³ yr ⁻¹)	tonnes m ⁻³	[tonnes C (tonne dm) ⁻¹]	(tonnes C yr ⁻¹)
			FAO statistics	Table 4.5	zero (0) or Table 4.4	FAO statistics	Tables 4.13 and 4.14	0.5 or Table 4.3	$L_{\text{fuelwood}} = [FG_{\text{trees}} * BCEF_R * (1+R) + FC_{\text{part}} * D] * CF$
			FG _{trees}	BCEF _R	R	FG _{parts}	D	CF	L _{fuelwood}
CL	FL	(a)							
		(b)							
Sub-total									
GL	FL	(a)							
		(b)							
Sub-total									
WL	FL	(a)							
		(b)							
Sub-total									
SL	FL	(a)							
		(b)							
Sub-total									
OL	FL	(a)							
		(b)							
Sub-total									
Total									

¹ This worksheet is to be used if the assumption is that losses are not zero. See Chapter 4, Section 4.3.1.1.

² If data by initial land use are not available, use only "non-FL" in this column.

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use						
Category		Land Converted to Forest Land: Loss of carbon from disturbance¹						
Category code		3B1b						
Sheet		4 of 4						
Equation		Equation 2.2	Equation 2.14					Equation 2.7
Land-use category		Subcategories for reporting year	Area affected by disturbances	Average above-ground biomass of areas affected	Ratio of below-ground biomass to above-ground biomass	Carbon fraction of dry matter	Annual other losses of carbon	Annual decrease in carbon stocks due to biomass loss
Initial land use ²	Land use during reporting year		(ha yr ⁻¹)	(tonnes dm ha ⁻¹)	[tonnes bg dm (tonne ag dm) ⁻¹]	[tonnes C (tonne dm) ⁻¹]	(tonnes C yr ⁻¹)	[tonnes C (tonne dm) ⁻¹]
			National statistics or international data sources	Tables 4.7 and 4.8	zero (0) or Table 4.4	0.5 or Table 4.3	$L_{\text{disturbances}} = A_{\text{disturbances}} * B_W * (1+R) * CF * fd$	$\Delta C_L = L_{\text{wood-removals}} + L_{\text{fuelwood}} + L_{\text{disturbances}}$
			A_{disturbances}	B_W	R	CF	L_{disturbances}	ΔC_L
CL	FL	(a)						
		(b)						
Sub-total								
GL	FL	(a)						
		(b)						
Sub-total								
WL	FL	(a)						
		(b)						
Sub-total								
SL	FL	(a)						
		(b)						
Sub-total								
OL	FL	(a)						
		(b)						
Sub-total								
Total								

¹ This worksheet is to be used if the assumption is that losses are not zero. See Chapter 4.3.1.1.

² If data by initial land use are not available, use only "non-FL" in this column. Note: fd = fraction of biomass lost in disturbance

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use					
Category		Land Converted to Forest Land: Annual change in carbon stocks in dead organic matter due to land conversion					
Category code		3B1b					
Sheet		1 of 1					
Equation		Equation 2.2	Equation 2.23				
Land-use category		Subcategories for reporting year	Area undergoing conversion from old to new land-use category	Dead wood/litter stock, under the new land-use category	Dead wood/litter stock, under the old land-use category	Time period of the transition from old to new land-use category	Annual change in carbon stocks in dead wood/litter
Initial land use ¹	Land use during reporting year		(ha)	(tonnes C ha ⁻¹)	(tonnes C ha ⁻¹)	(yr)	(tonnes C yr ⁻¹)
			National statistics or international data sources	Table 2.2 for litter, or national statistics	default value is zero (0)	default value is 20	$\Delta C_{DOM} = A * (C_n - C_o) / T$
			A	C _n	C _o	T	ΔC_{DOM}
CL	FL	(a)				20	
		(b)				20	
Sub-total							
GL	FL	(a)				20	
		(b)				20	
Sub-total							
WL	FL	(a)				20	
		(b)				20	
Sub-total							
SL	FL	(a)				20	
		(b)				20	
Sub-total							
OL	FL	(a)				20	
		(b)				20	
Sub-total							
Total							

¹ If data by initial land use are not available, use only "non-FL" in this column.

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use										
Category		Land Converted to Forest Land: Annual change in carbon stocks in mineral soils										
Category code		3B1b										
Sheet		1 of 2										
Equation		Equation 2.25, Formulation B in Box 2.1 of Section 2.3.3.1										
Land-use category		Subcategories of unique climate, soil, land-use change and management combinations	Area for land-use change by climate and soil combination	Reference carbon stock for the climate and soil combination	Time dependence of stock change factors (D) or number of years over a single inventory time period (T)	Stock change factor for land-use system in the last year of an inventory time period	Stock change factor for management regime in last year of an inventory period	Stock change factor for C input in the last year of the inventory period	Stock change factor for land-use system at the beginning of the inventory time period	Stock change factor for management regime at the beginning of the inventory time period	Stock change factor for C input at the beginning of the inventory time period	Annual change in carbon stocks in mineral soils
Initial land use ¹	Land use during reporting year		(ha)	(tonnes C ha ⁻¹)	(yr)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(tonnes C yr ⁻¹)
				Table 2.3; Section 2.3.3.1	(default is 20 yr; if T>D then use the value of T)	See Chap. 4, Sec. 4.3.3	See Chap. 4, Sec. 4.3.3	See Chap. 4, Sec. 4.3.3	See Chap. 4, Sec. 4.3.3	See Chap. 4, Sec. 4.3.3	See Chap. 4, Sec. 4.3.3	$\Delta C_{\text{Mineral}}$ as in Eq. 2.25
			A_{i(0)}	SOC_{ref}	D	F_{LU(0)}	F_{MG(0)}	F_{I(0)}	F_{LU(0-T)}	F_{MG(0-T)}	F_{I(0-T)}	$\Delta C_{\text{Mineral}}$
CL	FL	(a)		20								
		(b)		20								
Sub-total												
GL	FL	(a)		20								
		(b)		20								
Sub-total												
WL	FL	(a)		20								
		(b)		20								
Sub-total												
SL	FL	(a)		20								
		(b)		20								
Sub-total												
OL	FL	(a)		20								
		(b)		20								
Sub-total												
Total												

¹ If data by initial land use are not available, use only "non-FL" in this column.

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use			
Category		Land Converted to Forest Land: Annual change in carbon stocks in organic soils			
Category code		3B1b			
Sheet		2 of 2			
Equation		Equation 2.2	Equation 2.26		
Land-use category		Subcategories for reporting year	Area of organic soils on converted land	Emission factor for climate type	Annual carbon loss from organic soils
Initial land use ¹	Land use during reporting year		(ha)	(tonnes C ha ⁻¹ yr ⁻¹)	(tonnes C yr ⁻¹)
				Table 4.6	L_{Organic} = A * EF
			A	EF	L_{Organic}
CL	FL	(a)			
		(b)			
Sub-total					
GL	FL	(a)			
		(b)			
Sub-total					
WL	FL	(a)			
		(b)			
Sub-total					
SL	FL	(a)			
		(b)			
Sub-total					
OL	FL	(a)			
		(b)			
Sub-total					
Total					

¹ If data by initial land use are not available, use only "non-FL" in this column.

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use			
Category		Cropland Remaining Cropland: Annual change in carbon stocks in biomass			
Category code		3B2a			
Sheet		1 of 1			
Equation		Equation 2.2	Equation 2.7¹		
Land-use category		Subcategories for reporting year	Annual growth of perennial woody biomass ² (tonnes C yr ⁻¹)	Annual carbon stock in biomass removed (removal or harvest) ³ (tonnes C yr ⁻¹)	Annual change in carbon stocks in biomass ⁴ (tonnes C yr ⁻¹)
Initial land use	Land use during reporting year		National estimates, or Table 5.1	National estimates, or Table 5.1	$\Delta C_B = \Delta C_G - \Delta C_L$
			ΔC_G	ΔC_L	ΔC_B
CL	CL	(a)			
		(b)			
		(c)			
Total					

¹ Multiplying per ha values from Table 5.1 is required here according to text in Section 5.2.1.

² Annual growth of perennial woody biomass (ΔC_G) is equal to the area of perennial crop that is not mature times biomass accumulation rate (G) using a national estimate or data from Table 5.1.

³ Annual carbon stock in biomass removed (ΔC_L) is equal to the area of perennial crops that is annually harvested times the area-specific carbon stock value that is lost (L) using a national estimate or biomass carbon loss data from Table 5.1.

⁴ If the area of perennial crops that was harvested in the inventory year equals the mean harvested area over the entire harvest cycle of the perennial crop, the annual change in carbon stocks in biomass can be taken to be zero, and ΔC_G and ΔC_L do not need to be estimated.

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use									
Category		Cropland Remaining Cropland: Annual change in carbon stocks in mineral soils									
Category code		3B2a									
Sheet		1 of 2									
Equation		Equation 2.2	Equation 2.25, Formulation A in Box 2.1 of Section 2.3.3.1								
Land-use category		Subcategories for reporting year	Area in the last year of an inventory period	Area at the beginning of an inventory period	Reference carbon stock in the last year of an inventory period	Reference carbon stock at the beginning of an inventory period	Time dependence of stock change factors (D) or number of years over a single inventory time period (T)	Stock change factor for land-use system or sub-system	Stock change factor for management regime	Stock change factor for input of organic matter	Annual change in carbon stocks in mineral soils
Initial land use	Land use during reporting year		(ha)	(ha)	(tonnes C ha ⁻¹)	(tonnes C ha ⁻¹)	(yr)	(-)	(-)	(-)	(tonnes C yr ⁻¹)
					Table 2.3	Table 2.3	(default is 20 yr; if T>D then use the value of T)	Table 5.5	Table 5.5	Table 5.5	ΔC _{Mineral} as in Equation 2.25
			A ₍₀₎	A _(0-T)	SOC _{ref(0)}	SOC _{ref(T-0)}	D	F _{LU}	F _{MG}	F _I	ΔC _{Mineral}
CL	CL	(a)					20				
		(b)					20				
		(c)					20				
Total											

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use			
Category		Cropland Remaining Cropland: Annual change in carbon stocks in organic soils			
Category code		3B2a			
Sheet		2 of 2			
Equation		Equation 2.2	Equation 2.26		
Land-use category		Subcategories for reporting year	Land area of cultivated organic soil	Emission factor for climate type	Annual carbon loss from cultivated organic soils
Initial land use	Land use during reporting year		(ha)	(tonnes C ha ⁻¹ yr ⁻¹)	(tonnes C yr ⁻¹)
				Table 5.6	L_{Organic} = A * EF
			A	EF	L_{Organic}
CL	CL	(a)			
		(b)			
		(c)			
Total					

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use						
Category		Land Converted to Cropland: Annual change in carbon stocks in biomass						
Category code		3B2b						
Sheet		1 of 1						
Equation		Equation 2.2	Equation 2.16			Equation 2.15, 2.16		
Land-use category		Subcategories for reporting year	Annual area of Land Converted to Cropland	Biomass stocks before the conversion	Carbon fraction of dry matter	Annual biomass carbon growth ²	Annual loss of biomass carbon ³	Annual change in carbon stocks in biomass
Initial land use ¹	Land use during reporting year		(ha)	(tonnes dm ha ⁻¹)	[tonnes C (tonne dm) ⁻¹]	(tonnes C yr ⁻¹)	(tonnes C yr ⁻¹)	(tonnes C yr ⁻¹)
				Table 5.8	0.5	National estimates, or Table 5.9	National estimates, or Table 5.1	$\Delta C_B = \Delta C_G + ((0 - B_{BEFORE}) * \Delta A_{TO\_OTHER}) * CF - \Delta C_L$
			ΔA_{TO_OTHERS}	B_{BEFORE}	CF	ΔC_G	ΔC_L	ΔC_B
FL	CL	(a)			0.5			
		(b)			0.5			
Sub-total								
GL	CL	(a)			0.5			
		(b)			0.5			
Sub-total								
WL	CL	(a)			0.5			
		(b)			0.5			
Sub-total								
SL	CL	(a)			0.5			
		(b)			0.5			
Sub-total								
OL	CL	(a)			0.5			
		(b)			0.5			
Sub-total								
Total								

¹ If data by initial land use are not available, use only "non-CL" in this column.

² Annual biomass carbon growth (ΔC_G) is equal to the area of perennial crop that is not mature times biomass accumulation rate (G) using a national estimate or data from Table 5.9.

³ Annual carbon stock in biomass removed (ΔC_L) is equal to the area of perennial crops that is annually harvested times the area-specific carbon stock value that is lost (L) using a national estimate or biomass carbon loss data from Table 5.1.

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use					
Category		Land Converted to Cropland: Annual change in carbon stocks in dead organic matter due to land conversion¹					
Category code		3B2b					
Sheet		1 of 1					
Equation		Equation 2.23					
Land-use category		Subcategories for reporting year	Area undergoing conversion from old to new land-use category (ha)	Dead wood/litter stock under the old land-use category (tonnes C ha ⁻¹)	Dead wood/litter stock under the new land-use category (tonnes C ha ⁻¹)	Time period of the transition from old to new land-use category (yr)	Annual change in carbon stocks in dead wood/litter (tonnes C yr ⁻¹)
Initial land use ²	Land use during reporting year		National statistics or international data sources	Table 2.2 for litter, or national statistics	default value is zero (0)	default value is 1	$\Delta C_{DOM} = A_{on} * (C_n - C_o) / T_{on}$
			A_{on}	C_o	C_n	T_{on}	ΔC_{DOM}
FL	CL	(a)			0	1	
		(b)			0	1	
Sub-total							
GL	CL	(a)			0	1	
		(b)			0	1	
Sub-total							
WL	CL	(a)			0	1	
		(b)			0	1	
Sub-total							
SL	CL	(a)			0	1	
		(b)			0	1	
Sub-total							
OL	CL	(a)			0	1	
		(b)			0	1	
Sub-total							
Total							

¹ Use separate worksheets to separately estimate carbon stock changes in deadwood and in litter.

² If data by initial land use are not available, use only "non-CL" in this column.

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use										
Category		Land Converted to Cropland: Annual change in carbon stocks in mineral soils										
Category code		3B2b										
Sheet		1 of 2										
Equation		Eq. 2.2	Equation 2.25, Formulation B in Box 2.1 of Section 2.3.3.1									
Land-use category		Subcategories of unique climate, soil, land-use change and management combinations	Area for land-use change by climate and soil combination	Reference carbon stock for the climate/soil combination	Time dependence of stock change factors (D) or number of years over a single inventory time period (T)	Stock change factor for land-use system in the last year of an inventory time period	Stock change factor for management regime in last year of an inventory period	Stock change factor for C input in the last year of the inventory period	Stock change factor for land-use system at the beginning of the inventory time period	Stock change factor for management regime at the beginning of the inventory time period	Stock change factor for C input at the beginning of the inventory time period	Annual change in carbon stocks in mineral soils
Initial land use ¹	Land use during reporting year		(ha)	(tonnes C ha ⁻¹)	(yr)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(tonnes C yr ⁻¹)
				Table 2.3; Chap 2, Sec. 2.3.3.1	(default is 20 yr; if T>D then use the value of T)	Table 5.5	Table 5.5	Table 5.5	Table 5.10	Table 5.10	Table 5.10	ΔC _{Mineral} as in Equation 2.25
			A ₍₀₎	SOC _{ref}	D	F _{LU(0)}	F _{MG(0)}	F _{I(0)}	F _{LU(0-T)}	F _{MG(0-T)}	F _{I(0-T)}	ΔC _{Mineral}
FL	CL	(a)			20							
		(b)			20							
Sub-total												
GL	CL	(a)			20							
		(b)			20							
Sub-total												
WL	CL	(a)			20							
		(b)			20							
Sub-total												
SL	CL	(a)			20							
		(b)			20							
Sub-total												
OL	CL	(a)			20							
		(b)			20							
Sub-total												
Total												

¹ If data by initial land use are not available, use only "non-CL" in this column.

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use			
Category		Land Converted to Cropland: Annual change in carbon stocks in organic soils			
Category code		3B2b			
Sheet		2 of 2			
Equation		Equation 2.2	Equation 2.26		
Land-use category		Subcategories for reporting year	Land area of cultivated organic soil	Emission factor for climate type	Annual carbon loss from cultivated organic soils
Initial land use ¹	Land use during reporting year		(ha)	(tonnes C ha ⁻¹ yr ⁻¹)	(tonnes C yr ⁻¹)
			Table 5.6		
			A	EF	L_{Organic} = A * EF
FL	CL	(a)			
		(b)			
Sub-total					
GL	CL	(a)			
		(b)			
Sub-total					
WL	CL	(a)			
		(b)			
Sub-total					
SL	CL	(a)			
		(b)			
Sub-total					
OL	CL	(a)			
		(b)			
Sub-total					
Total					

¹ If data by initial land use are not available, use only "non-CL" in this column.

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use										
Category		Grassland Remaining Grassland: Annual change in carbon stocks in mineral soils										
Category code		3B3a										
Sheet		1 of 2										
Equation		Equation 2.2	Equation 2.25									
Land-use category		Subcategories of unique climate, soil, and management combinations	Area in the last year of an inventory period	Area at the beginning of an inventory period	Reference carbon stock for Climate/Soil Combination	Stock change factor for land-use system or sub-system	Stock change factor for management regime	Stock change factor for C input	Carbon stock in last year of an inventory period	Carbon stock at the beginning of an inventory period	Time dependence of stock change factors (D) or number of years over a single inventory time period (T)	Annual change in carbon stocks in mineral soils
			(ha)	(ha)	(tonnes C ha ⁻¹)	(-)	(-)	(-)	tonnes C	tonnes C	(yr)	(tonnes C yr ⁻¹)
					Table 2.3, Chap. 2, Sec. 2.3.3.1	Table 6.2	Table 6.2	Table 6.2			(default is 20 yr; if T>D then use the value of T)	$\Delta C_{\text{Mineral}}$ as in Equation 2.25
Initial land use	Land use during reporting year		A₍₀₎	A_(0-T)	SOC_{ref}	F_{LU}	F_{MG}	F_I	SOC₀	SOC_{0-T}	D	$\Delta C_{\text{Mineral}}$
GL	GL	(a)										
		(b)										
		(c)										
		(d)										
		(e)										
		(f)										
		(g)										
		(h)										
Total											20	

Note: This worksheet is designed for computations using Formulation A in Box 2.1 of Section 2.3.3.1

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use			
Category		Grassland Remaining Grassland: Annual change in carbon stocks in organic soils			
Category code		3B3a			
Sheet		2 of 2			
Equation		Equation 2.2	Equation 2.26		
Land-use category		Subcategories for reporting year	Land area of cultivated organic soil	Emission factor for climate type	Annual carbon loss from cultivated organic soils
Initial land use	Land use during reporting year		(ha)	(tonnes C ha ⁻¹ yr ⁻¹)	(tonnes C yr ⁻¹)
				Table 6.3	L_{Organic} = A * EF
			A	EF	L_{Organic}
GL	GL	(a)			
		(b)			
		(c)			
Total					

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use								
Category		Land Converted to Grassland: Annual change in carbon stocks in biomass								
Category code		3B3b								
Sheet		1 of 1								
Equation		Equation 2.2		Equation 2.16				Equation 2.15, 2.16		
Land-use category		Subcategories for reporting year	Type of vegetation ²	Annual area of Land Converted to Grassland	Biomass stocks after the conversion	Biomass stocks before the conversion	Carbon fraction of dry matter	Annual biomass carbon growth	Annual loss of biomass carbon	Annual change in carbon stocks in biomass
Initial land use ¹	Land use during reporting year			(ha)	(tonnes dm ha ⁻¹)	(tonnes dm ha ⁻¹)	[tonnes C (tonne dm) ⁻¹]	(tonnes C yr ⁻¹)	(tonnes C yr ⁻¹)	(tonnes C yr ⁻¹)
					0, or Table 6.4	(see section 6.3.1.2)	0,47 (for herbaceous vegetation); 0,5 or Table 4.3 (for woody vegetation)	National estimates	National estimates	$\Delta C_B = \Delta C_G + ((B_{AFTER} - B_{BEFORE})^* \Delta A_{TO\_OTHER})^* CF - \Delta C_L$
				ΔA_{TO_OTHERS}	B_{AFTER}	B_{BEFORE}	CF	ΔC_G	ΔC_L	ΔC_B
[non-GL]	GL	(a)	Herbaceous							
			Woody							
		Sub-total								
		(b)	Herbaceous							
			Woody							
		Sub-total								
Total										

¹ If data by initial land use are not available, use only "non-GL" in this column. Otherwise use separate blocks by initial land use.

² Within each subcagetory (a), (b) etc., calculations are to be made separately for herbaceous and wood vegetation.

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use						
Category		Land Converted to Grassland: Annual change in carbon stocks in dead organic matter due to land conversion						
Category code		3B3b						
Sheet		1 of 1						
Equation		Equation 2.2		Equation 2.23				
Land-use category		Subcategories for reporting year	Type of vegetation ²	Area undergoing conversion from old to new land-use category	Dead wood/litter stock under the old land-use category	Dead wood/litter stock under the new land-use category	Time period of the transition from old to new land-use category	Annual change in carbon stocks in dead wood/litter
Initial land use ¹	Land use during reporting year			(ha yr ⁻¹)	(tonnes C ha ⁻¹)	(tonnes C ha ⁻¹)	(yr)	(tonnes C yr ⁻¹)
				National statistics or international data sources	Table 2.2 for litter, or national statistics	default value is zero (0)	default value is 1	$\Delta C_{DOM} = A_{on} * (C_n - C_o) / T_{on}$
				A_{on}	C_o	C_n	T_{on}	ΔC_{DOM}
[non-GL]	GL	(a)	Deadwood				1	
			Litter				1	
		Sub-total						
		(b)	Deadwood				1	
			Litter				1	
		Sub-total						
Total								

¹ If data by initial land use are not available, use only "non-GL" in this column. Otherwise use separate blocks by initial land use.

² Within each subcategory (a), (b) etc., calculations are to be made separately for deadwood and litter.

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use										
Category		Land Converted to Grassland: Annual change in carbon stocks in mineral soils										
Category code		3B3b										
Sheet		1 of 2										
Equation		Equation 2.2	Equation 2.25, Formulation B in Box 2.1 of Section 2.3.3.1									
Land-use category		Subcategories of unique climate, soil, land-use change and management combinations	Area for land-use change by climate and soil combination	Reference carbon stock for the climate and soil combination	Time dependence of stock change factors (D) or number of years over a single inventory time period (T)	Stock change factor for land-use system in the last year of an inventory time period	Stock change factor for management regime in last year of an inventory period	Stock change factor for C input in the last year of the inventory period	Stock change factor for land-use system at the beginning of inventory time period	Stock change factor for management regime at the beginning of the inventory time period	Stock change factor for C input at the beginning of the inventory time period	Annual change in carbon stocks in mineral soils
Initial land use ¹	Land use during reporting year		(ha)	(tonnes C ha ⁻¹)	(yr)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(tonnes C yr ⁻¹)
				Table 2.3; Chap. 2, Sec. 2.3.3.1	(default is 20 yr; if T>D then use the value of T)	Table 6.2	Table 6.2	Table 6.2	Table 5.5 (Cropland); 1 for other uses	Table 5.5 (Cropland); 1 for other uses	Table 5.5 (Cropland); 1 for other uses	$\Delta C_{\text{Mineral}}$ as in Equation 2.25
			$A_{(0)}$	SOC_{ref}	D	$F_{LU(0)}$	$F_{MG(0)}$	$F_{I(0)}$	$F_{LU(0-T)}$	$F_{MG(0-T)}$	$F_{I(0-T)}$	$\Delta C_{\text{Mineral}}$
FL	GL	(a)			20							
		(b)			20							
Sub-total												
CL	GL	(a)			20							
		(b)			20							
Sub-total												
WL	GL	(a)			20							
		(b)			20							
Sub-total												
SL	GL	(a)			20							
		(b)			20							
Sub-total												
OL	GL	(a)			20							
		(b)			20							
Sub-total												
Total												

¹ If data by initial land use are not available, use only "non-GL" in this column.

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use			
Category		Land Converted to Grassland: Annual change in carbon stocks in organic soils			
Category code		3B3b			
Sheet		2 of 2			
Equation		Equation 2.2	Equation 2.26		
Land-use category		Subcategories for reporting year	Land area of cultivated organic soil	Emission factor for climate type	Annual carbon loss from cultivated organic soils
Initial land use ¹	Land use during reporting year		(ha)	(tonnes C ha ⁻¹ yr ⁻¹)	(tonnes C yr ⁻¹)
			Table 6.3		
			A	EF	L_{Organic} = A * EF
FL	GL	(a)			
		(b)			
Sub-total					
CL	GL	(a)			
		(b)			
Sub-total					
WL	GL	(a)			
		(b)			
Sub-total					
SL	GL	(a)			
		(b)			
Sub-total					
OL	GL	(a)			
		(b)			
Sub-total					
Total					

¹ If data by initial land use are not available, use only "non-GL" in this column.

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use					
Category		Wetlands Remaining Wetlands: CO ₂ -C emissions from managed peatlands					
Category code		3B4ai					
Sheet		1 of 3					
Equation		Eq. 2.2	Equation 7.4				
Land-use category		Subcategories for reporting year	Area of nutrient rich peat soils managed for peat extraction (all production phases)	Emission factors for CO ₂ -Cfrom nutrient rich peat soils managed for peat extraction	Area of nutrient poor peat soils managed for peat extraction (all production phases)	Emission factors for CO ₂ -Cfrom nutrient poor peat soils managed for peat extraction	CO ₂ -C emissions from managed peatlands
Initial land use	Land use during reporting year		(ha)	(tonnes C ha ⁻¹ yr ⁻¹)	(ha)	(tonnes C ha ⁻¹ yr ⁻¹)	Gg C yr ⁻¹
				Table 7.4		Table 7.4	CO ₂ -C _{WW PeatSoil} = (A _{PeatRich} * EF _{PeatRich} + A _{PeatPoor} * EF _{PeatPoor}) * 10 ⁻³
			A _{PeatRich}	EF _{CO₂PeatRich}	A _{PeatPoor}	EF _{CO₂PeatPoor}	CO ₂ -C _{WW PeatSoil}
WL _{Peat}	WL _{Peat}	(a)					
		(b)					
		(c)					
Total							

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use						
Category		Wetlands Remaining Wetlands: CO₂-C emissions from managed peatlands						
Category code		3B4ai						
Sheet		2 of 3						
Equation		Eq. 2.2	Equation 2.16					Equation 7.4
Land-use category		Subcategories for reporting year	Annual area of Land Converted to Wetlands	Biomass stocks after the conversion	Biomass stocks before the conversion	Carbon fraction of dry matter	Emissions from change in C stocks in biomass due to vegetation clearing	On-site CO ₂ -C emissions from peat deposit
Initial land use ¹	Land use during reporting year		(ha)	(tonnes dm ha ⁻¹)	(tonnes dm ha ⁻¹)	[tonnes C (tonne dm) ⁻¹]	Gg C yr ⁻¹	Gg C yr ⁻¹
					Table 4.7	0.5 or Table 4.3	$\Delta C_{WW\text{peatB}} = \{\Delta A_{TO\_OTHERS} * (B_{AFTER} - B_{BEFORE}) * CF\} / 1000$	$CO_2-C_{WW\text{Peat-on-site}} = CO_2-C_{WW\text{PeatSoil}} + \Delta C_{WW\text{peatB}}$
			ΔA_{TO_OTHERS}	B_{AFTER}	B_{BEFORE}	CF	$\Delta C_{WW\text{peatB}}$	$CO_2-C_{WW\text{Peat-on-site}}$
non-WL _{peat}	WL _{Peat}	(a)						
		(b)						
		(c)						
Total								

¹ If data by initial land use are not available, use only "non-WL_{peat}" in this column.

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use					
Category		Wetlands Remaining Wetlands: CO ₂ -C emissions from managed peatlands					
Category code		3B4ai					
Sheet		3 of 3					
Equation		Eq. 2.2	Equation 7.5			Equations 7.3	Equations 7.2
Land-use category		Subcategories for reporting year	Air-dry weight of extracted peat ¹	Carbon fraction of air-dry peat by weight ¹	Off-site emissions from peat removed for horticultural use	CO ₂ -C emissions from managed peatlands	CO ₂ emissions from land undergoing peat extraction
Initial land use	Land use during reporting year		(tonnes yr ⁻¹)	[tonnes C (tonne peat) ⁻¹]	Gg C yr ⁻¹	Gg C yr ⁻¹	(Gg CO ₂ yr ⁻¹)
				Table 7.5	CO ₂ -C _{WW peat} _{off-site} = (Wt _{dry peat} * Cfraction _{wt} _{peat})/1000	CO ₂ -C _{WW peat} = CO ₂ -C _{WW peat} _{on-site} + CO ₂ -C _{WW peat} _{off-site}	CO ₂ WW peat = CO ₂ -C _{WW peat} * 44/12
			Wt _{dry_peat}	Cfraction _{wt_peat}	CO ₂ -C _{WW peat} _{Off-site}	CO ₂ -C _{WWpeat}	CO ₂ WWpeat
WL _{Peat}	WL _{Peat}	(a)					
		(b)					
		(c)					
Total							

¹ Countries may choose to report peat production either in weight units (Wt_{dry_peat}), or volumetric units (Vol_{dry_peat}), and use the appropriate carbon fraction (Cfraction_{wt_peat}, or Cfraction_{vol_peat}), respectively. The symbols in the equation to calculate the CO₂-C emissions should be adjusted accordingly.

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use			
Category		Wetlands Remaining Wetlands: N ₂ O Emissions from peatlands during peat extraction			
Category code		3B4ai			
Sheet		1 of 1			
Equation		Eq. 2.2	Equation 7.7		
Land-use category		Subcategories for reporting year	Area of nutrient rich peat soils managed for peat extraction, including abandoned areas in which drainage is still present	Emission factor for drained nutrient-rich Wetlands organic soils	Direct N ₂ O emissions from peatlands managed for peat extraction
Initial land use	Land use during reporting year		(ha)	(kg N ₂ O-N ha ⁻¹ yr ⁻¹)	(Gg N ₂ O yr ⁻¹)
				Table 7.6	N ₂ O _{WW peatExtraction} = (A _{PeatRich} * EF _{N₂O-N_{PeatRich}}) * 44/28 *10 ⁻⁶
			A _{PeatRich}	EF _{N₂O-N_{PeatRich}}	N ₂ O _{WW PeatExtraction}
WL _{Peat}	WL _{Peat}	(a)			
		(b)			
		(c)			
Total					

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use			
Category		Land Converted to Wetlands: N ₂ O Emissions from land converted for peat extraction			
Category code		3B4bi			
Sheet		1 of 1			
Equation		Eq. 2.2	Equation 7.7		
Land-use category		Subcategories for reporting year	Area of nutrient rich peat soils managed for peat extraction, including abandoned areas in which drainage is still present	Emission factor for drained nutrient-rich Wetlands organic soils	Direct N ₂ O emissions from peatlands managed for peat extraction
Initial land use ¹	Land use during reporting year		(ha)	(kg N ₂ O-N ha ⁻¹ yr ⁻¹)	(Gg N ₂ O yr ⁻¹)
				Table 7.6	$N_{2O_{WW \text{ peatExtraction}}} = (A_{\text{PeatRich}} * EF_{N_{2O-N \text{ PeatRich}}}) * 44/28 * 10^{-6}$
			A_{PeatRich}	EF_{N2O-NPeatRich}	N_{2O}_{WW PeatExtraction}
FL	WL _{Peat}	(a)			
		(b)			
Sub-total					
CL	WL _{Peat}	(a)			
		(b)			
Sub-total					
GL	WL _{Peat}	(a)			
		(b)			
Sub-total					
SL	WL _{Peat}	(a)			
		(b)			
Sub-total					
OL	WL _{Peat}	(a)			
		(b)			
Sub-total					
Total					

¹ If data by initial land use are not available, use only "non-WL" in this column.

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use					
Category		Land Converted to Wetlands: CO₂ Emissions from Land Converted to Flooded land					
Category code		3B4bii					
Sheet		1 of 1					
Equation		Eq. 2.2	Equation 7.10				
Land-use category		Subcategories for reporting year	Area of land converted annually to Flooded Land from original land use <i>i</i>	Biomass immediately following conversion to Flooded Land	Biomass in land immediately before conversion to Flooded Land	Carbon fraction of dry matter	Annual change in carbon stocks in biomass on Land Converted to Flooded land
Initial land use ¹	Land use during reporting year		(ha yr ⁻¹)	(tonnes dm ha ⁻¹)	(tonnes dm ha ⁻¹)	[tonnes C (tonne dm) ⁻¹]	tonnes C yr ⁻¹
				(default = 0)	Table 4.7	0.5 or Table 4.3	$\Delta C_{LWflood_{LB}} = [\sum i A_i * (B_{AFTER_i} - B_{BEFORE_i})] * CF$
			A_i	B_{AFTER_i}	B_{BEFORE_i}	CF	$\Delta C_{LWflood_{LB}}$
FL	WL _{Flooded}	(a)					
		(b)					
Sub-total							
CL	WL _{Flooded}	(a)					
		(b)					
Sub-total							
GL	WL _{Flooded}	(a)					
		(b)					
Sub-total							
SL	WL _{Flooded}	(a)					
		(b)					
Sub-total							
OL	WL _{Flooded}	(a)					
		(b)					
Sub-total							
Total							

¹ If data by initial land use are not available, use only "non-WL" in this column.

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use			
Category		Settlements Remaining Settlements: Annual change in carbon stocks in organic soils			
Category code		3B5a			
Sheet		1 of 1			
Equation		Eq. 2.2	Equation 2.26		
Land-use category		Subcategories for reporting year	Land area of cultivated organic soil	Emission factor for climate type	Annual carbon loss from cultivated organic soils
Initial land use	Land use during reporting year		(ha)	(tonnes C ha ⁻¹ yr ⁻¹)	(tonnes C yr ⁻¹)
				Table 5.6	L_{Organic} = A * EF
			A	EF	L_{Organic}
SL	SL	(a)			
		(b)			
		(c)			
Total					

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use						
Category		Land Converted to Settlements: Annual change in carbon stocks in biomass						
Category code		3B5b						
Sheet		1 of 1						
Equation		Eq. 2.2	Equation 2.16			Equation 2.15, 2.16		
Land-use category		Subcategories for reporting year	Annual area of Land Converted to Settlements	Biomass stocks before the conversion	Carbon fraction of dry matter	Annual biomass carbon growth	Annual loss of biomass carbon	Annual change in carbon stocks in biomass
Initial land use ¹	Land use during reporting year		(ha)	(tonnes dm ha ⁻¹)	[tonnes C (tonne dm) ⁻¹]	(tonnes C yr ⁻¹)	(tonnes C yr ⁻¹)	(tonnes C yr ⁻¹)
				Table 5.8	0.5	National estimates	National estimates	$\Delta C_B = \Delta C_G + ((0 - B_{BEFORE}) * \Delta A_{TO\_OTHERS} * CF) - \Delta C_L$
			ΔA_{TO_OTHERS}	B_{BEFORE}	CF	ΔC_G	ΔC_L	ΔC_B
FL	SL	(a)						
		(b)						
Sub-total								
CL	SL	(a)						
		(b)						
Sub-total								
GL	SL	(a)						
		(b)						
Sub-total								
WL	SL	(a)						
		(b)						
Sub-total								
OL	SL	(a)						
		(b)						
Sub-total								
Total								

¹ If data by initial land use are not available, use only "non-SL" in this column.

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use					
Category		Land Converted to Settlements: Annual change in carbon stocks in dead organic matter due to land conversion ¹					
Category code		3B5b					
Sheet		1 of 1					
Equation		Eq. 2.2	Equation 2.23				
Land-use category		Subcategories for reporting year	Area undergoing conversion from old to new land-use category	Dead wood/litter stock, under the new land-use category	Dead wood/litter stock, under the old land-use category	Time period of the transition from old to new land-use category	Annual change in carbon stocks in dead wood/litter
Initial land use ²	Land use during reporting year		(ha)	(tonnes C ha ⁻¹)	(tonnes C ha ⁻¹)	(yr)	(tonnes C yr ⁻¹)
			National statistics or international data sources	Table 2.2 for litter, or national statistics	default =0	default = 1	$\Delta C_{DOM} = A_{on} * (C_n - C_o) / T_{on}$
			A_{on}	C_n	C_o	T_{on}	ΔC_{DOM}
FL	SL	(a)			0	1	
		(b)			0	1	
Sub-total							
CL	SL	(a)			0	1	
		(b)			0	1	
Sub-total							
GL	SL	(a)			0	1	
		(b)			0	1	
Sub-total							
WL	SL	(a)			0	1	
		(b)			0	1	
Sub-total							
OL	SL	(a)			0	1	
		(b)			0	1	
Sub-total							
Total							

¹ Use separate worksheets to separately estimate carbon stock changes in deadwood and in litter.

² If data by initial land use are not available, use only "non-SL" in this column.

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use										
Category		Land Converted to Settlements: Annual change in carbon stocks in mineral soils										
Category code		3B5b										
Sheet		1 of 2										
Equation		Eq. 2.2	Equation 2.25, Formulation B in Box 2.1 of Section 2.3.3.1									
Land-use category		Subcategories for reporting year	Area for land-use change by climate and soil combination	Reference carbon stock for the climate/soil combination	Time dependence of stock change factors (D) or number of years over a single inventory time period (T)	Stock change factor for land-use system in the last year of an inventory time period	Stock change factor for management regime in last year of an inventory period	Stock change factor for C input in the last year of the inventory period	Stock change factor for land-use system at the beginning of the inventory time period	Stock change factor for management regime at the beginning of the inventory time period	Stock change factor for C input at the beginning of the inventory time period	Annual change in carbon stocks in mineral soils
Initial land use ¹	Land use during reporting year		(ha)	(tonnes C ha ⁻¹)	(yr)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(tonnes C yr ⁻¹)
				Table 2.3; Chap. 2, Sec. 2.3.3.1	(default is 20 yr; if T>D then use the value of T)	See Chap. 8, Sec. 8.3.3	See Chap. 8, Sec. 8.3.3	See Chap. 8, Sec. 8.3.3	See Chap. 8, Sec. 8.3.3	See Chap. 8, Sec. 8.3.3	See Chap. 8, Sec. 8.3.3	$\Delta C_{\text{Mineral}}$ as in Equation 2.25
			A₍₀₎	SOC_{ref}	D	F_{LU(0)}	F_{MG(0)}	F_{I(0)}	F_{LU(0-T)}	F_{MG(0-T)}	F_{I(0-T)}	$\Delta C_{\text{Mineral}}$
FL	SL	(a)			20							
		(b)			20							
Sub-total												
CL	SL	(a)			20							
		(b)			20							
Sub-total												
GL	SL	(a)			20							
		(b)			20							
Sub-total												
WL	SL	(a)			20							
		(b)			20							
Sub-total												
OL	SL	(a)			20							
		(b)			20							
Sub-total												
Total												

¹ If data by initial land use are not available, use only "non-SL" in this column.

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use			
Category		Land Converted to Settlements: Annual change in carbon stocks in organic soils			
Category code		3B5b			
Sheet		2 of 2			
Equation		Eq. 2.2	Equation 2.26		
Land-use category		Subcategories for reporting year	Land area of cultivated organic soil	Emission factor for climate type	Annual carbon loss from cultivated organic soils
Initial land use ¹	Land use during reporting year		(ha)	(tonnes C ha ⁻¹ yr ⁻¹)	(tonnes C yr ⁻¹)
				Table 5.6	L_{Organic} = A * EF
			A	EF	L_{Organic}
FL	SL	(a)			
		(b)			
Sub-total					
CL	SL	(a)			
		(b)			
Sub-total					
GL	SL	(a)			
		(b)			
Sub-total					
WL	SL	(a)			
		(b)			
Sub-total					
OL	SL	(a)			
		(b)			
Sub-total					
Total					

¹ If data by initial land use are not available, use only "non-SL" in this column.

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use						
Category		Land Converted to Other Land: Annual change in carbon stocks in biomass						
Category code		3B6b						
Sheet		1 of 1						
Equation		Eq. 2.2	Equation 2.16			Equation 2.15, 2.16		
Land-use category		Subcategories for reporting year	Annual area of Land Converted to Other Land	Biomass stocks before the conversion	Carbon fraction of dry matter	Annual biomass carbon growth	Annual loss of biomass carbon	Annual change in carbon stocks in biomass
Initial land use ¹	Land use during reporting year		(ha)	(tonnes dm ha ⁻¹)	[tonnes C (tonne dm) ⁻¹]	(tonnes C yr ⁻¹)	(tonnes C yr ⁻¹)	(tonnes C yr ⁻¹)
				Table 5.8	0.5	National estimates	National estimates	$\Delta C_B = \Delta C_G + ((0 - B_{BEFORE}) * \Delta A_{TO\_OTHERS}) * CF - \Delta C_L$
			ΔA_{TO_OTHERS}	B_{BEFORE}	CF	ΔC_G	ΔC_L	ΔC_B
FL	OL	(a)						
		(b)						
Sub-total								
CL	OL	(a)						
		(b)						
Sub-total								
GL	OL	(a)						
		(b)						
Sub-total								
WL	OL	(a)						
		(b)						
Sub-total								
SL	OL	(a)						
		(b)						
Sub-total								
Total								

¹ If data by initial land use are not available, use only "non-OL" in this column.

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use										
Category		Land Converted to Other Land: Annual change in carbon stocks in mineral soils										
Category code		3B6b										
Sheet		1 of 2										
Equation		Eq. 2.2	Equation 2.25, Formulation B in Box 2.1 of Section 2.3.3.1									
Land-use category		Subcategories for reporting year	Area for land-use change by climate and soil combination	Reference carbon stock for the climate/soil combination	Time dependence of stock change factors (D) or number of years over a single inventory time period (T)	Stock change factor for land-use system in the last year of an inventory time period	Stock change factor for management regime in last year of an inventory period	Stock change factor for C input in the last year of the inventory period	Stock change factor for land-use system at the beginning of the inventory time period	Stock change factor for management regime at the beginning of the inventory time period	Stock change factor for C input at the beginning of the inventory time period	Annual change in carbon stocks in mineral soils
Initial land use ¹	Land use during reporting year		(ha)	(tonnes C ha ⁻¹)	(yr)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(tonnes C yr ⁻¹)
				Table 2.3; Chap. 2, Sec. 2.3.3.1	(default is 20 yr; if T>D then use the value of T)	See Chap. 9, Sec. 9.3.3	See Chap. 9, Sec. 9.3.3	See Chap. 9, Sec. 9.3.3	See Chap. 9, Sec. 9.3.3	See Chap. 9, Sec. 9.3.3	See Chap. 9, Sec. 9.3.3	ΔC _{Mineral} as in Equation 2.25
			A ₍₀₎	SOC _{ref}	D	F _{LU(0)}	F _{MG(0)}	F _{I(0)}	F _{LU(0-T)}	F _{MG(0-T)}	F _{I(0-T)}	
FL	OL	(a)			20							
		(b)			20							
Sub-total												
CL	OL	(a)			20							
		(b)			20							
Sub-total												
GL	OL	(a)			20							
		(b)			20							
Sub-total												
WL	OL	(a)			20							
		(b)			20							
Sub-total												
SL	OL	(a)			20							
		(b)			20							
Sub-total												
Total												

¹ If data by initial land use are not available, use only "non-OL" in this column.

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use			
Category		Land Converted to Other Land: Annual change in carbon stocks in organic soils			
Category code		3B6b			
Sheet		2 of 2			
Equation		Eq. 2.2	Equation 2.26		
Land-use category		Subcategories for reporting year	Land area of cultivated organic soil	Emission factor for climate type	Annual carbon loss from cultivated organic soils
Initial land use ¹	Land use during reporting year		(ha)	(tonnes C ha ⁻¹ yr ⁻¹)	(tonnes C yr ⁻¹)
			Table 5.6		
			A	EF	L_{organic} = A * EF
FL	OL	(a)			
		(b)			
Sub-total					
CL	OL	(a)			
		(b)			
Sub-total					
GL	OL	(a)			
		(b)			
Sub-total					
WL	OL	(a)			
		(b)			
Sub-total					
SL	OL	(a)			
		(b)			
Sub-total					
Total					

¹ If data by initial land use are not available, use only "non-OL" in this column.

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use									
Category		Emissions from Biomass Burning in Forest Land (Forest Land Remaining Forest Land)									
Category code		3C1a									
Sheet		1 of 2									
Equation		Equation 2.2	Equation 2.27								
Land-use category		Subcategories for reporting year ¹	Area burnt	Mass of fuel available for combustion ²	Combustion factor ²	Emission factor for each GHG	CH ₄ emissions from fire	CO emissions from fire	N ₂ O emissions from fire	NO _x emissions from fire	
Initial land use	Land use during reporting year		(ha)	(tonnes ha ⁻¹)	(-)	[g GHG (kg dm burnt) ⁻¹]	(tonnes CH ₄)	(tonnes CO)	(tonnes N ₂ O)	(tonnes NO _x)	
				Table 2.4	Table 2.6	Table 2.5	$L_{\text{fire-CH}_4} = A * M_B * C_f * G_{\text{ef}} * 10^{-3}$	$L_{\text{fire-CO}} = A * M_B * C_f * G_{\text{ef}} * 10^{-3}$	$L_{\text{fire-N}_2\text{O}} = A * M_B * C_f * G_{\text{ef}} * 10^{-3}$	$L_{\text{fire-NO}_x} = A * M_B * C_f * G_{\text{ef}} * 10^{-3}$	
			A	M _B	C _f	G _{ef}	L _{fire-CH₄}	L _{fire-CO}	L _{fire-N₂O}	L _{fire-NO_x}	
FL	FL	(a)				CH ₄					
						CO					
						N ₂ O					
						NO _x					
		(b)				CH ₄					
						CO					
						N ₂ O					
						NO _x					
Total						CH ₄					
						CO					
						N ₂ O					
						NO _x					

¹ For each subcategory, use separate line for each non-CO₂ greenhouse gas.

² Where data for M_B and C_f are not available, a default value for the amount of fuel actually burnt (M_B * C_f) can be used (Table 2.4). In this case, M_B takes the value taken from the table, whereas C_f must be 1.

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use									
Category		Emissions from Biomass Burning in Forest Land (Land Converted to Forest Land)									
Category code		3C1a									
Sheet		2 of 2									
Equation		Equation 2.2		Equation 2.27							
Land-use category		Subcategories for reporting year ²	Area burnt	Mass of fuel available for combustion ³	Combustion factor ³	Emission factor for each GHG	CH ₄ emissions from fire	CO emissions from fire	N ₂ O emissions from fire	NO _x emissions from fire	
Initial land use ¹	Land use during reporting year		(ha)	(tonnes ha ⁻¹)	(-)	[g GHG (kg dm burnt) ⁻¹]	(tonnes CH ₄)	(tonnes CO)	(tonnes N ₂ O)	(tonnes NO _x)	
				Table 2.4	Table 2.6	Table 2.5	$L_{\text{fire-CH}_4} = A * M_B * C_f * G_{\text{ef}} * 10^{-3}$	$L_{\text{fire-CO}} = A * M_B * C_f * G_{\text{ef}} * 10^{-3}$	$L_{\text{fire-N}_2\text{O}} = A * M_B * C_f * G_{\text{ef}} * 10^{-3}$	$L_{\text{fire-NO}_x} = A * M_B * C_f * G_{\text{ef}} * 10^{-3}$	
			A	M_B	C_f	G_{ef}	L_{fire-CH₄}	L_{fire-CO}	L_{fire-N₂O}	L_{fire-NO_x}	
[non-FL]	FL	(a)				CH ₄					
						CO					
						N ₂ O					
						NO _x					
		(b)				CH ₄					
						CO					
						N ₂ O					
						NO _x					
Total				CH ₄							
				CO							
				N ₂ O							
				NO _x							

¹ Similar tables should be completed separately for each initial land use, and subtotals must be added up. If data by initial land use are not available, use only "non-FL" in this column.

² For each subcategory, use separate lines for each non-CO₂ greenhouse gas.

³ Where data for M_B and C_f are not available, a default value for the amount of fuel actually burnt (M_B * C_f) can be used (Table 2.4). In this case, M_B takes the value taken from the table, whereas C_f must be 1.

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use									
Category		Emissions from Biomass Burning in Cropland (Cropland Remaining Cropland)									
Category code		3C1b									
Sheet		1 of 2									
Equation		Equation 2.2	Equation 2.27								
Land-use category		Subcategories for reporting year ¹	Area burnt	Mass of fuel available for combustion ²	Combustion factor ³	Emission factor for each GHG	CH ₄ emissions from fire	CO emissions from fire	N ₂ O emissions from fire	NO _x emissions from fire	
Initial land use	Land use during reporting year		(ha)	(tonnes ha ⁻¹)	(-)	[g GHG (kg dm burnt) ⁻¹]	(tonnes CH ₄)	(tonnes CO)	(tonnes N ₂ O)	(tonnes NO _x)	
				(Table 2.4)	Table 2.6	Table 2.5	$L_{\text{fire-CH}_4} = A * M_B * C_f * G_{\text{ef}} * 10^{-3}$	$L_{\text{fire-CO}} = A * M_B * C_f * G_{\text{ef}} * 10^{-3}$	$L_{\text{fire-N}_2\text{O}} = A * M_B * C_f * G_{\text{ef}} * 10^{-3}$	$L_{\text{fire-NO}_x} = A * M_B * C_f * G_{\text{ef}} * 10^{-3}$	
			A	M _B	C _f	G _{ef}	L _{fire-CH₄}	L _{fire-CO}	L _{fire-N₂O}	L _{fire-NO_x}	
CL	CL	(a)				CH ₄					
						CO					
						N ₂ O					
						NO _x					
		(b)				CH ₄					
						CO					
						N ₂ O					
						NO _x					
Total						CH ₄					
						CO					
						N ₂ O					
						NO _x					

¹ For each subcategory, use separate lines for each non-CO₂ greenhouse gas.

² Where data for M_B and C_f are not available, a default value for the amount of fuel actually burnt (M_B * C_f) can be used (Table2.4). In this case, M_B takes the value taken from the table, whereas C_f must be 1.

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use								
Category		Emissions from Biomass Burning in Cropland (Land Converted to Cropland)								
Category code		3C1b								
Sheet		2 of 2								
Equation		Eq. 2.2	Equation 2.27							
Land-use category		Subcategories for reporting year ²	Area burnt	Mass of fuel available for combustion ³	Combustion factor ³	Emission factor for each GHG	CH ₄ emissions from fire	CO emissions from fire	N ₂ O emissions from fire	NO _x emissions from fire
Initial land use ¹	Land use during reporting year		(ha)	(tonnes ha ⁻¹)	(-)	[g GHG (kg dm burnt) ⁻¹]	(tonnes CH ₄)	(tonnes CO)	(tonnes N ₂ O)	(tonnes NO _x)
				Table 2.4	Table 2.6	Table 2.5	$L_{\text{fire-CH}_4} = A * M_B * C_f * G_{\text{ef}} * 10^{-3}$	$L_{\text{fire-CO}} = A * M_B * C_f * G_{\text{ef}} * 10^{-3}$	$L_{\text{fire-N}_2\text{O}} = A * M_B * C_f * G_{\text{ef}} * 10^{-3}$	$L_{\text{fire-NO}_x} = A * M_B * C_f * G_{\text{ef}} * 10^{-3}$
			A	M_B	C_f	G_{ef}	L_{fire-CH₄}	L_{fire-CO}	L_{fire-N₂O}	L_{fire-NO_x}
[non-CL]	CL	(a)				CH ₄				
						CO				
						N ₂ O				
						NO _x				
		(b)				CH ₄				
						CO				
						N ₂ O				
						NO _x				
Total				CH ₄						
				CO						
				N ₂ O						
				NO _x						

¹ Similar tables should be completed separately for each initial land use, and subtotals must be added up. If data by initial land use are not available, use only "non-CL" in this column.

² For each subcategory, use separate lines for each non-CO₂ greenhouse gas.

³ Where data for M_B and C_f are not available, a default value for the amount of fuel actually burnt (M_B * C_f) can be used (Table 2.4). In this case, M_B takes the value taken from the table, whereas C_f must be 1.

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use									
Category		Emissions from Biomass Burning in Grassland (Grassland Remaining Grassland)									
Category code		3C1c									
Sheet		1 of 2									
Equation		Equation 2.2	Equation 2.27								
Land-use category		Subcategories for reporting year ¹	Area burnt	Mass of fuel available for combustion ²	Combustion factor ²	Emission factor for each GHG	CH ₄ emissions from fire	CO emissions from fire	N ₂ O emissions from fire	NO _x emissions from fire	
Initial land use	Land use during reporting year		(ha)	(tonnes ha ⁻¹)	(-)	[g GHG (kg dm burnt) ⁻¹]	(tonnes CH ₄)	(tonnes CO)	(tonnes N ₂ O)	(tonnes NO _x)	
				(Table 2.4) ²	Table 2.6	Table 2.5	$L_{\text{fire-CH}_4} = A * M_B * C_f * G_{\text{ef}} * 10^{-3}$	$L_{\text{fire-CO}} = A * M_B * C_f * G_{\text{ef}} * 10^{-3}$	$L_{\text{fire-N}_2\text{O}} = A * M_B * C_f * G_{\text{ef}} * 10^{-3}$	$L_{\text{fire-NO}_x} = A * M_B * C_f * G_{\text{ef}} * 10^{-3}$	
			A	M _B	C _f	G _{ef}	L _{fire-CH₄}	L _{fire-CO}	L _{fire-N₂O}	L _{fire-NO_x}	
GL	GL	(a)				CH ₄					
						CO					
						N ₂ O					
						NO _x					
		(b)				CH ₄					
						CO					
						N ₂ O					
						NO _x					
		(c)				CH ₄					
						CO					
						N ₂ O					
						NO _x					
Total				CH ₄							
				CO							
				N ₂ O							
				NO _x							

¹ For each subcategory, use separate line for each non-CO₂ greenhouse gas.

² Where data for M_B and C_f are not available, a default value for the amount of fuel actually burnt (M_B * C_f) can be used (Table 2.4). In this case, M_B takes the value taken from the table, whereas C_f must be 1.

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use									
Category		Emissions from Biomass Burning in Grassland (Land Converted to Grassland)									
Category code		3C1c									
Sheet		2 of 2									
Equation		Equation 2.2		Equation 2.27							
Land-use category		Subcategories for reporting year ²	Area burnt	Mass of fuel available for combustion ³	Combustion factor ³	Emission factor for each GHG	CH ₄ emissions from fire	CO emissions from fire	N ₂ O emissions from fire	NO _x emissions from fire	
Initial land use ¹	Land use during reporting year		(ha)	(tonnes ha ⁻¹)	(-)	[g GHG (kg dm burnt) ⁻¹]	(tonnes CH ₄)	(tonnes CO)	(tonnes N ₂ O)	(tonnes NO _x)	
				Table 2.4	Table 2.6	Table 2.5	$L_{\text{fire-CH}_4} = A * M_B * C_f * G_{\text{ef}} * 10^{-3}$	$L_{\text{fire-CO}} = A * M_B * C_f * G_{\text{ef}} * 10^{-3}$	$L_{\text{fire-N}_2\text{O}} = A * M_B * C_f * G_{\text{ef}} * 10^{-3}$	$L_{\text{fire-NO}_x} = A * M_B * C_f * G_{\text{ef}} * 10^{-3}$	
			A	M_B	C_f	G_{ef}	L_{fire-CH₄}	L_{fire-CO}	L_{fire-N₂O}	L_{fire-NO_x}	
[non-GL]	GL	(a)				CH ₄					
						CO					
						N ₂ O					
						NO _x					
		(b)				CH ₄					
						CO					
						N ₂ O					
						NO _x					
Total				CH ₄							
				CO							
				N ₂ O							
				NO _x							

¹ Similar tables should be completed separately for each initial land use, and subtotals must be added up. If data by initial land use are not available, use only "non-GL" in this column.

² For each subcategory, use separate lines for each non-CO₂ greenhouse gas.

³ Where data for M_B and C_f are not available, a default value for the amount of fuel actually burnt (M_B * C_f) can be used (Table 2.4). In this case, M_B takes the value taken from the table, whereas C_f must be 1.

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use									
Category		Emissions from Biomass Burning in Wetlands (Land Converted to Wetlands)									
Category code		3C1d									
Sheet		1 of 1									
Equation		Eq. 2.2	Equation 2.27								
Land-use category		Subcategories for reporting year ²	Area burnt	Mass of fuel available for combustion ³	Combustion factor ³	Emission factor for each GHG		CH ₄ emissions from fire	CO emissions from fire	N ₂ O emissions from fire	NO _x emissions from fire
Initial land use ¹	Land use during reporting year		(ha)	(tonnes ha ⁻¹)	(-)	[g GHG (kg dm burnt) ⁻¹]		(tonnes CH ₄)	(tonnes CO)	(tonnes N ₂ O)	(tonnes NO _x)
					Table 2.6	Table 2.5		L _{fire-CH₄} = A * M _B * C _f * G _{ef} * 10 ⁻³	L _{fire-CO} = A * M _B * C _f * G _{ef} * 10 ⁻³	L _{fire-N₂O} = A * M _B * C _f * G _{ef} * 10 ⁻³	L _{fire-NO_x} = A * M _B * C _f * G _{ef} * 10 ⁻³
			A	M _B	C _f	G _{ef}		L _{fire-CH₄}	L _{fire-CO}	L _{fire-N₂O}	L _{fire-NO_x}
[non-WL]	WL	(a)				CH ₄					
						CO					
						N ₂ O					
						NO _x					
		(b)				CH ₄					
						CO					
						N ₂ O					
						NO _x					
Subtotal					CH ₄						
					CO						
					N ₂ O						
					NO _x						

¹ Similar tables should be completed separately for each initial land use, and subtotals must be added up. If data by initial land use are not available, use only "non-WL" in this column.

² Subcategories are created by vegetation type within strata ((a), (b), (c) etc.) within the country. For each subcategory, use separate lines for each non-CO₂ greenhouse gas.

³ Where data for M_B and C_f are not available, a default value for the amount of fuel actually burnt (M_B * C_f) can be used (Table 2.4). In this case, M_B takes the value taken from the table, whereas C_f must be 1.

Sector	Agriculture, Forestry and Other Land Use				
Category	Liming: Annual CO₂-C emissions from Liming				
Category code	3C2				
Sheet	1 of 1				
Equation	Equation 11.12				
Type of lime applied	Annual amount of calcic limestone (CaCO ₃)	Emission factor	Annual amount of dolomite (CaMg(CO ₃) ₂)	Emission factor	Annual C emissions from liming
	(tonnes yr ⁻¹)	[tonnes of C (tonne of limestone) ⁻¹]	(tonnes yr ⁻¹)	[tonnes of C (tonne of dolomite) ⁻¹]	(tonnes C yr ⁻¹)
		default is 0.12		default is 0.13	CO ₂ -C Emission = (M _{Limestone} * EF _{Limestone}) + (M _{Dolomite} * EF _{Dolomite})
	M_{Limestone}	EF_{Limestone}	M_{Dolomite}	EF_{Dolomite}	CO₂-C Emission
Limestone					
Dolomite					
Total					

Sector	Agriculture, Forestry and Other Land Use		
Category	Urea Fertilization: Annual CO₂ emissions from Urea Fertilization		
Category code	3C3		
Sheet	1 of 1		
Equation	Equation 11.13		
Subcategories for reporting year	Annual amount of Urea Fertilization	Emission factor	Annual CO ₂ -C emissions from Urea Fertilization
	(tonnes urea yr ⁻¹)	[tonnes of C (tonne of urea) ⁻¹]	(tonnes C yr ⁻¹)
		default is 0.20	CO ₂ -C Emission = M * EF
	M	EF	CO₂-C Emission
(a)			
(b)			
(c)			
Total			

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use				
Category		Direct N ₂ O Emissions from Managed Soils				
Category code		3C4				
Sheet		1 of 2				
Equation		Equation 11.1				
Anthropogenic N input type		Annual amount of N applied		Emission factor for N ₂ O emissions from N inputs		Annual direct N ₂ O-N emissions produced from managed soils
		(kg N yr ⁻¹)		[kg N ₂ O-N (kg N input) ⁻¹]		(kg N ₂ O-N yr ⁻¹)
				Table 11.1		N ₂ O-N _{N inputs} = F * EF
		F		EF		N ₂ O-N _{N inputs}
Anthropogenic N input types to estimate annual direct N ₂ O-N emissions produced from managed soils	synthetic fertilizers	F _{SN} : N in synthetic fertilizers		EF ₁		
	animal manure, compost, sewage sludge	F _{ON} : N in animal manure, compost, sewage sludge, other				
	crop residues	F _{CR} : N in crop residues				
	changes to land use or management	F _{SOM} : N in mineral soils that is mineralised, in association with loss of soil C from soil organic matter as a result of changes to land use or management				
Anthropogenic N input types to estimate annual direct N ₂ O-N emissions produced from flooded rice	synthetic fertilizers	F _{SN} : N in synthetic fertilizers		EF _{1FR}		
	animal manure, compost, sewage sludge	F _{ON} : N in animal manure, compost, sewage sludge, other				
	crop residues	F _{CR} : N in crop residues				
	changes to land use or management	F _{SOM} : N in mineral soils that is mineralised, in association with loss of soil C from soil organic matter as a result of changes to land use or management				
Total						

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use						
Category		Direct N ₂ O Emissions from Managed Soils						
Category code		3C4						
Sheet		2 of 2						
Equation		Equation 11.1						
Anthropogenic N input type ^{1,2}		Annual area of managed/drained organic soils	Emission factor for N ₂ O emissions from drained/managed organic soils	Annual direct N ₂ O-N emissions produced from managed organic soils	Amount of urine and dung N deposited by grazing animals on pasture, range and paddock	Emission factor for N ₂ O emissions from urine and dung N deposited on pasture, range and paddock by grazing animals	Annual direct N ₂ O emissions from urine and dung inputs to grazed soils	Annual direct N ₂ O emissions from urine and dung inputs to grazed soils
		(ha)	(kg N ₂ O-N ha ⁻¹ yr ⁻¹)	(kg N ₂ O-N yr ⁻¹)	(kg N yr ⁻¹)	[kg N ₂ O-N (kg N input) ⁻¹]	(kg N ₂ O-N yr ⁻¹)	(kg N ₂ O-N yr ⁻¹)
			Table 11.1	N ₂ O-N _{OS} = F _{OS} * EF ₂		Table 11.1	N ₂ O-N _{PRP} = F _{PRP} * EF _{3PRP}	N ₂ O _{Direct-N} = N ₂ O-N _{N input} + N ₂ O-N _{OS} + N ₂ O-N _{PRP}
		F _{OS}	EF ₂	N ₂ O-N _{OS}	F _{PRP}	EF _{3PRP}	N ₂ O-N _{PRP}	N ₂ O _{Direct-N}
Managed organic soils	CG, Temp							
	CG, Trop							
	F, Temp, NR							
	F, Temp, NP							
	F, Trop							
Urine and dung inputs to grazed soils	CPP							
	SO							
Total								

¹ The area must be disaggregated by Cropland and Grassland (CG), Forest (F), Temperate (Temp), Tropical (Trop), Nutrient Rich (NR), and Nutrient Poor (NP) categories, respectively, see Equation 11.1.

² The amount must be disaggregated by CPP and SO, which refer to Cattle, Poultry and Pigs, and Sheep and Other animals, respectively. See Equation 11.1.

Sector	Agriculture, Forestry and Other Land Use						
Category	Indirect N₂O Emissions from Managed Soils: N₂O from Atmospheric Deposition of N Volatilised from Managed Soils						
Category code	3C5						
Sheet	1 of 2						
Equation	Equation 11.9						
Anthropogenic N input type	Annual amount of synthetic fertilizer N applied to soils	Fraction of synthetic fertilizer N that volatilises	Annual amount of animal manure, compost, sewage sludge and other organic N additions intentionally applied to soils	Annual amount of urine and dung N deposited by grazing animals on pasture, range and paddock	Fraction of applied organic N fertilizer materials (F _{ON}) and of urine and dung N deposited by grazing animals (F _{PRP}) that volatilises	Emission factor for N ₂ O emission from atmospheric deposition of N on soils and water surfaces	Annual amount of N ₂ O-N produced from atmospheric deposition of N volatilised from managed soils
	(kg N yr ⁻¹)	(kg NH ₃ -N + NO _x -N) (kg of N applied) ⁻¹	(kg N yr ⁻¹)	(kg N yr ⁻¹)	(kg NH ₃ -N + NO _x -N) (kg of N applied or deposited) ⁻¹	(kg N ₂ O-N) (kg NH ₃ -N + NO _x -N volatilized) ⁻¹	(kg N ₂ O-N yr ⁻¹)
		Table 11.3			Table 11.3	Table 11.3	$\text{N}_2\text{O}_{(\text{ATD})-\text{N}} = [(\text{F}_{\text{SN}} * \text{Frac}_{\text{GASF}}) + (\text{F}_{\text{ON}} + \text{F}_{\text{PRP}}) * \text{Frac}_{\text{GASM}}] * \text{EF}_4$
	F_{SN}	Frac_{GASF}	F_{ON}	F_{PRP}	Frac_{GASM}	EF₄	N₂O_{(ATD)-N}
(a)							
(b)							
(c)							
Total							

Sector	Agriculture, Forestry and Other Land Use							
Category	Indirect N ₂ O Emissions from Managed Soils: N ₂ O from N leaching/runoff from Managed Soils							
Category code	3C5							
Sheet	2 of 2							
Equation	Equation 11.10							
Anthropogenic N input type	Annual amount of synthetic fertilizer N applied to soils	Annual amount of animal manure, compost, sewage sludge and other organic N additions intentionally applied to soils	Annual amount of urine and dung N deposited by grazing animals on pasture, range and paddock	Amount of N in crop residues (above and below-ground), including N-fixing crops, and from forage/pasture renewal, returned to soils annually	Annual amount of N mineralized/immobilized in mineral soils associated with loss/gain of soil C from soil organic matter as a result of changes to land use or management	Fraction of all N additions to managed soils that is lost through leaching and runoff	Emission factor for N ₂ O emission from N leaching and runoff	Annual amount of N ₂ O-N produced from managed soils in regions where leaching and runoff occurs
	(kg N yr ⁻¹)	(kg N yr ⁻¹)	(kg N yr ⁻¹)	(kg N yr ⁻¹)	(kg N yr ⁻¹)	[kg N (kg of N additions) ⁻¹]	[kg N ₂ O-N (kg N leaching and runoff) ⁻¹]	(kg N ₂ O-N yr ⁻¹)
						Table 11.3	Table 11.3	$N_{2O(L)}-N = (F_{SN} + F_{ON} + F_{PRP} + F_{CR} + F_{SOM}) * \text{Frac}_{LEACH-(H)} * EF_5$
	F_{SN}	F_{ON}	F_{PRP}	F_{CR}	F_{SOM}	Frac_{LEACH-(H)}	EF₅	N₂O_(L)-N
(a)								
(b)								
(c)								
Total								

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use				
Category		Indirect N₂O Emissions from Manure Management¹				
Category code		3C6				
Sheet		1 of 2				
Equation		Equation 10.25	Equation 10.26		Equation 10.27	
Manure management System (MMS) ¹	Species/Livestock category ²	Total nitrogen excretion for the MMS ³	Fraction of managed livestock manure nitrogen that volatilises	Amount of manure nitrogen that is lost due to volatilisation of NH ₃ and NO _x	Emission factor for N ₂ O emissions from atmospheric deposition of nitrogen on soils and water surfaces	Indirect N ₂ O emissions due to volatilization from Manure Management
		kg N yr ⁻¹	(-)	kg N yr ⁻¹	[kg N ₂ O-N (kg NH ₃ -N + NO _x -N volatilised) ⁻¹]	kg N ₂ O yr ⁻¹
			Table 10.22	$N_{\text{volatilization-MMS}} = NE_{\text{MMS}} * \text{Frac}_{(\text{GasMS})}$	Table 11.3	$N_{2O_{G(\text{mm})}} = NE_{\text{volatilization-MMS}} * EF_4 * 44/28$
S	T	NE_{MMS}	Frac_(GasMS)	N_{volatilization-MMS}	EF₄	N₂O_{G(mm)}
	Dairy Cows					
	Other Cattle					
	Buffalo					
	Sheep					
	Goats					
	Camels					
	Horses					
	Mules & Asses					
	Swine					
	Poultry					
	Other ²					
Total						

¹ The calculations must be done by Manure Management System, and for each management system, the relevant species/livestock category (ies) must be selected. For the Manure Management Systems, see Table 10.18.

² Specify livestock categories as needed using additional lines (e.g. llamas, alpacas, reindeers, rabbits, fur-bearing animals etc.)

³ See worksheet for Direct N₂O from Manure Management (3A2) for the value of Total N excretion for the MMS (NE_{MMS}).

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use					
Category		Indirect N₂O Emissions from Manure Management¹					
Category code		3C6					
Sheet		2 of 2					
Equation		Equation 10.34					
Manure Management System (MMS) ²	Species/Livestock category ³	Total nitrogen excretion for the MMS	Amt. of managed manure nitrogen for livestock category T that is lost in the Manure Management Sys.	Number of animals	Fraction of total annual nitrogen excretion managed in MMS for each species/livestock category	Amount of nitrogen from bedding	Amount of managed manure nitrogen available for application to managed soils or for feed, fuel, or construction purposes
		(kg N yr ⁻¹)	(per cent)	(head)	(-)	(kg N animal ⁻¹ yr ⁻¹)	(kg N yr ⁻¹)
			Table 10.23		Tables 10A-4 to 10A-9	(If applicable to MMS - see text under Equation 10.35)	$N_{MMS\_Avb} = NE_{MMS} * (1 - \text{Frac}_{\text{LossMS}} * 10^{-2}) + N_{(T)} * MS_{(T,S)} * N_{\text{beddingMS}}$
S	T	NE_{MMS}	Frac_(LossMS)	N_(T)	MS_(T,S)	N_{beddingMS}	N_{MMS_Avb}
	Dairy Cows						
	Other Cattle						
	Buffalo						
	Sheep						
	Goats						
	Camels						
	Horses						
	Mules & Asses						
	Swine						
	Poultry						
	Other ³						
Total							

¹ The available nitrogen data to be estimated in this worksheet are necessary to coordinate with the calculation and reporting of N₂O emissions from Managed Soils (see Chapter 11).

² The calculations must be done by Manure Management System, and for each management system, the relevant species/livestock category(ies) must be selected, and the same set of worksheets must be used for all management systems. For the Manure Management Systems, see Table 10.18.

³ Specify livestock categories as needed using additional lines (e.g. llamas, alpacas, reindeers, rabbits, fur-bearing animals etc.)

Sector	Agriculture, Forestry and Other Land Use								
Category	Rice Cultivation: Annual CH₄ emission from rice								
Category code	3C7								
Sheet	1 of 2								
Equation	Eq. 2.2	Equation 5.1		Equation 5.2			Equation 5.3		
Rice Ecosystem	Subcategories for reporting year ¹	Annual harvested area	Cultivation period of rice	Baseline emission factor for continuously flooded fields without organic amendments	Scaling factor to account for the differences in water regime during the cultivation period	Scaling factor to account for the differences in water regime in the pre-season before the cultivation period	Application rate of organic amendment in fresh weight	Conversion factor for organic amendment	Scaling factor for both types and amount of organic amendment applied
		(ha yr ⁻¹)	(day)	kg CH ₄ ha ⁻¹ day ⁻¹	(-)	(-)	(tonnes ha ⁻¹)	(-)	(-)
				Table 5.11	Table 5.12	Table 5.13		Table 5.14	$SF_o = (1 + ROA_i * CFOA_i)^{0.59}$
		A	t	EF_c	SF_w	SF_p	ROA_i	CFOA_i	SF_o
Irrigated									
	Sub-total								
Rainfed and deep water									
	Sub-total								
Upland									
	Sub-total								
Total									

¹ Rice ecosystem can be stratified according to water regimes, type and amount of organic amendments, and other conditions under which CH₄ emissions from rice may vary.

Sector	Agriculture, Forestry and Other Land Use			
Category	Rice Cultivation: Annual CH ₄ emission from rice			
Category code	3C7			
Sheet	2 of 2			
Equation	Equation 2.2	Equation 5.2		Equation 5.1
Rice Ecosystem	Subcategories for reporting year ¹	Scaling factor for soil type, rice cultivar, etc., if available	Adjusted daily emission factor for a particular harvested area	Annual CH ₄ emission from Rice Cultivation
		(-)	(kg CH ₄ ha ⁻¹ day ⁻¹)	Gg CH ₄ yr ⁻¹
			$EF_i = EF_c * SF_w * SF_p * SF_o * SF_{s,r}$	$CH_{4Rice} = A * t * EF_i * 10^{-6}$
		SF_{s,r}	EF_i	CH_{4Rice}
Irrigated				
	Sub-total			
Rainfed and deep water				
	Sub-total			
Upland				
	Sub-total			
Total				

¹ Land should be stratified according to ecosystems, water regimes, type and amount of organic amendments, and other conditions under which CH₄ emissions from rice may vary. The disaggregation of the annual harvest area of rice needs to be done at least for three baseline water regimes including irrigated, rainfed, and upland. Within each stratum, sub-strata should be separated for each type of organic amendment (see Equation 5.3)

ANEXO 2

RESUMEN DE ECUACIONES

Índice

A. Ecuaciones Generales Afolu	3
B. Ecuaciones Referidas A Biomasa.....	4
Ecuaciones Adicionales Referidas A Biomasa En Asentamientos.....	9
C. Ecuaciones Referidas A Materia Orgánica Muerta	10
D. Ecuaciones Referidas A Carbono Del Suelo	12
E. Ecuaciones Referidas Al Quemado De Biomasa.....	14
F. Ecuaciones Referidas Al Cultivo Del Arroz	14
G. Ecuaciones Referidas A Humedales.....	15
H. Ecuaciones Referidas A Ganado	18
I. Ecuaciones Referidas A Emisiones De N ₂ O Y A Otras Emisiones De CO ₂ De Suelos Gestionados.....	29
J. Ecuaciones Relacionadas Con Productos De Madera Recolectada	34

A. ECUACIONES GENERALES AFOLU

ECUACIÓN 2.1 CAMBIOS EN LAS EXISTENCIAS ANUALES DE CARBONO PARA TODO EL SECTOR AFOLU ESTIMADAS COMO LA SUMA DE LOS CAMBIOS EN TODAS LAS CATEGORÍAS DE USO DE LA TIERRA

$$\Delta C_{AFOLU} = \Delta C_{FL} + \Delta C_{CL} + \Delta C_{GL} + \Delta C_{WL} + \Delta C_{SL} + \Delta C_{OL}$$

Donde:

ΔC = cambio en las existencias de carbono

Los índices se refieren a las siguientes categorías de uso de la tierra:

AFOLU = Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra

FL = Tierras forestales

CL = Tierras de cultivo

GL = Pastizales

WL = Humedales

SL = Asentamientos

OL = Otras tierras

ECUACIÓN 2.2 CAMBIOS EN LAS EXISTENCIAS ANUALES DE CARBONO PARA UNA CATEGORÍA DE USO DE LA TIERRA COMO LA SUMA DE LOS CAMBIOS DE CADA UNO DE LOS ESTRATOS DENTRO DE LA CATEGORÍA

$$\Delta C_{LU} = \sum_i \Delta C_{LU_i}$$

Donde:

ΔC_{LU} = cambios en las existencias de carbono para una categoría de uso de la tierra (LU, del inglés *land use*) según lo definido en la Ecuación 2.1.

i = indica un estrato o una subdivisión específicos dentro de la categoría de uso de la tierra (por combinaciones de especies, zonas climáticas, ecotipos, regímenes de gestión, etc., véase el Capítulo 3), $i = 1$ a n .

**ECUACIÓN 2.3
CAMBIOS EN LAS EXISTENCIAS ANUALES DE CARBONO PARA UN ESTRATO DE UNA CATEGORÍA DE USO DE LA TIERRA COMO LA SUMA DE LOS CAMBIOS EN TODOS LOS DEPÓSITOS**

$$\Delta C_{LU_i} = \Delta C_{AB} + \Delta C_{BB} + \Delta C_{DW} + \Delta C_{LI} + \Delta C_{SO} + \Delta C_{PMR}$$

Donde:

ΔC_{LU_i} = cambios en las existencias de carbono para un estrato de una categoría de uso de la tierra

Los subíndices se refieren a los siguientes depósitos de carbono:

AB = biomasa aérea

BB = biomasa subterránea

DW = madera muerta

LI = hojarasca

SO = suelos

PMR = productos de madera recolectada

ECUACIÓN 2.4
CAMBIOS EN LAS EXISTENCIAS ANUALES DE CARBONO DE UN DEPÓSITO DADO EN FUNCIÓN DE LAS PÉRDIDAS Y LAS GANANCIAS (MÉTODO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS)

$$\Delta C = \Delta C_G - \Delta C_L$$

Donde:

ΔC = cambio en las existencias anuales de carbono del depósito, ton C año⁻¹

ΔC_G = ganancia anual de carbono, ton C año⁻¹

ΔC_L = pérdida anual de carbono, ton C año⁻¹

ECUACIÓN 2.5
CAMBIOS EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO EN UN DEPÓSITO DADO SEGÚN LA DIFERENCIA ANUAL PROMEDIO ENTRE ESTIMACIONES EN DOS MOMENTOS DIFERENTES (MÉTODO DE DIFERENCIA DE EXISTENCIAS)

$$\Delta C = \frac{(C_{t_2} - C_{t_1})}{(t_2 - t_1)}$$

Donde:

ΔC = cambio en las existencias anuales de carbono del depósito, ton C año⁻¹

C_{t_1} = existencias de carbono del depósito en el momento t_1 , ton C

C_{t_2} = existencias de carbono del depósito en el momento t_2 , ton C

ECUACIÓN 2.6
EMISIONES DE NO CO₂ A LA ATMÓSFERA

$$Emisión = A \bullet EF$$

Donde:

Emisión = emisiones de no CO₂, ton gas no CO₂

A = datos de la actividad relacionados con la fuente de emisión (puede ser superficie, cantidades de animales o unidad de masa, según el tipo de fuente)

EF = factor de emisión para un gas y una categoría de fuente específicos, ton por unidad de A

B. ECUACIONES REFERIDAS A BIOMASA

ECUACIÓN 2.7
CAMBIO ANUAL DE LAS EXISTENCIAS DE CARBONO EN BIOMASA EN TIERRAS QUE PERMANECEN EN UNA CATEGORÍA EN PARTICULAR DE USO DE LA TIERRA (MÉTODO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS)

$$\Delta C_B = \Delta C_G - \Delta C_L$$

Donde:

ΔC_B = cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa (la suma de los términos de biomasa aérea y subterránea de la Ecuación 2.3) para cada subcategoría de tierra, considerando la superficie total, ton C año⁻¹

ΔC_G = incremento anual de las existencias de carbono debido al crecimiento de la biomasa para cada subcategoría de tierra, considerando la superficie total, ton C año⁻¹

ΔC_L = reducción anual de las existencias de carbono debida a la pérdida de biomasa para cada subcategoría de tierra, considerando la superficie total, ton C año⁻¹

ECUACIÓN 2.8
CAMBIO ANUAL DE LAS EXISTENCIAS DE CARBONO DE LA BIOMASA
EN TIERRAS QUE PERMANECEN EN LA MISMA CATEGORÍA DE USO DE LA TIERRA (MÉTODO DE
DIFERENCIA DE EXISTENCIAS)

$$\Delta C_B = \frac{(C_{t_2} - C_{t_1})}{(t_2 - t_1)} \quad (a)$$

donde:

$$C = \sum_{i,j} \{A_{i,j} \cdot V_{i,j} \cdot BCEF_{S_{i,j}} \cdot (1 + R_{i,j}) \cdot CF_{i,j}\} \quad (b)$$

Donde:

ΔC_B = cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa (la suma de los términos de biomasa aérea y subterránea de la Ecuación 2.3) en tierras que permanecen en la misma categoría (p. ej. *Tierras forestales que permanecen como tales*), ton C año⁻¹

C_{t_2} = total de carbono en biomasa para cada subcategoría de tierra en el momento t_2 , ton C

C_{t_1} = total de carbono en biomasa para cada subcategoría de tierra en el momento t_1 , ton C

C = total de carbono en biomasa para el período t_1 a t_2

A = superficie de tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra, há (véase la nota al pie)

V = volumen de las existencias venales en crecimiento, m³ há⁻¹

i = zona ecológica i ($i = 1$ a n)

j = dominio climático j ($j = 1$ a m)

R = relación entre biomasa aérea y biomasa subterránea, en toneladas d.m. de biomasa subterránea (ton d.m. de biomasa aérea)⁻¹

CF = fracción de carbono de materia seca, toneladas C (ton d.m.)⁻¹

$BCEF_s$ = factor de conversión y expansión de biomasa para la expansión del volumen de existencias venales en crecimiento a biomasa aérea, toneladas de crecimiento de biomasa aérea (m³ de volumen de existencias en crecimiento)⁻¹, (véase el Cuadro 4.5 para Tierras forestales). El $BCEF_s$ transforma el volumen venable de existencias en crecimiento directamente en su biomasa aérea. Los valores del $BCEF_s$ son más convenientes porque se pueden aplicar directamente a datos de inventario de bosques basados en volumen y a registros operativos, sin tener que recurrir a densidades boscosas básicas (D). Dan mejores resultados cuando se los ha derivado localmente y cuando se basan directamente en el volumen venal. No obstante, si no se dispone de los valores del $BCEF_s$ y si el factor de expansión de la biomasa (BEF_s) y los valores de D se estiman individualmente, se puede usar la siguiente conversión:

$$BCEF_s = BEF_s \cdot D$$

ECUACIÓN 2.9
INCREMENTO ANUAL DE LAS EXISTENCIAS DE CARBONO EN BIOMASA
EN TIERRAS QUE PERMANECEN EN LA MISMA CATEGORÍA DE USO DE LA TIERRA DEBIDO AL
INCREMENTO DE LA BIOMASA

$$\Delta C_G = \sum_{i,j} (A_{i,j} \cdot G_{TOTAL_{i,j}} \cdot CF_{i,j})$$

Donde:

ΔC_G = incremento anual de las existencias de carbono en biomasa debido a crecimiento de la biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra por tipo de vegetación y zona climática, ton C año⁻¹

A = superficie de tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra, ha

G_{TOTAL} = crecimiento medio anual de la biomasa, ton d. m. há⁻¹ año⁻¹

i = zona ecológica i (i = 1 a n)

j = dominio climático j (j = 1 a m)

CF = fracción de carbono de materia seca, ton C (ton d.m.)⁻¹

ECUACIÓN 2.10

INCREMENTO ANUAL PROMEDIO DE LA BIOMASA

Nivel 1

$G_{TOTAL} = \sum \{G_W \bullet (1 + R)\}$ Se emplean directamente los datos de incremento de biomasa (materia seca)

Niveles 2 y 3

$G_{TOTAL} = \sum \{I_V \bullet BCEF_I \bullet (1 + R)\}$ Se utiliza el incremento anual neto para estimar el G_W aplicando el factor de conversión y expansión de la biomasa

Donde:

G_{TOTAL} = crecimiento promedio anual de la biomasa aérea y subterránea, ton d. m. há⁻¹ año⁻¹

G_W = promedio del crecimiento anual de la biomasa aérea para un tipo específico de vegetación boscosa, ton d. m. há⁻¹ año⁻¹

R = relación entre la biomasa subterránea y la aérea para un tipo específico de vegetación en ton d.m. de biomasa subterránea (ton d.m. de biomasa aérea)⁻¹. R se debe configurar en cero si se supone que no hubo cambios en las pautas de atribución de biomasa subterránea (Nivel 1).

I_V = incremento anual neto promedio para un tipo de vegetación específica, m³ há⁻¹ año⁻¹

$BCEF_I$ = factor de conversión y expansión de biomasa para la conversión del incremento anual neto en volumen (incluyendo corteza) a crecimiento de biomasa aérea para un tipo de vegetación específica, toneladas de crecimiento de corteza aérea (m³ de incremento anual promedio)⁻¹ (véase el Cuadro 4.5 referido a Tierras forestales). Si no se dispone de los valores del $BCEF_I$ y si el factor de expansión de la biomasa (BEF) y los valores de densidad básica de la madera (D) se estiman individualmente, entonces, se puede usar la siguiente conversión:

$$BCEF_I = BEF_I \bullet D$$

ECUACIÓN 2.11

REDUCCIÓN ANUAL DE LAS EXISTENCIAS DE CARBONO POR PÉRDIDA DE BIOMASA EN TIERRAS QUE PERMANECEN EN LA MISMA CATEGORÍA DE USO DE LA TIERRA

$$\Delta C_L = L_{remoción-bosques} + L_{madera-combustible} + L_{perturbación}$$

Donde:

ΔC_L = reducción anual de las existencias de carbono debida a la pérdida de biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra, ton C año⁻¹

$L_{remoción-bosques}$ = pérdida anual de carbono debida a remoción de bosques, ton C año⁻¹ (Véase la Ecuación 2.12)

$L_{madera-combustible}$ = pérdida anual de carbono en la biomasa debida a remoción de madera combustible, ton C año⁻¹ (Véase la Ecuación 2.13)

$L_{perturbación}$ = pérdidas anuales de carbono en la biomasa debidas a perturbaciones, ton C año⁻¹ (Véase la Ecuación 2.14)

ECUACIÓN 2.12**PÉRDIDA ANUAL DE CARBONO EN LA BIOMASA POR REMOCIONES DE BOSQUES**

$$L_{\text{remoción-bosques}} = \{H \bullet BCEF_R \bullet (1 + R) \bullet CF\}$$

Donde:

$L_{\text{remoción-bosques}}$ = pérdida anual de carbono debida a remoción de biomasa, ton C año⁻¹

H = remociones anuales de bosques, rollizos, m³ año⁻¹

R = relación entre la biomasa subterránea y la aérea en ton d.m. de biomasa subterránea (ton d.m. de biomasa aérea)⁻¹. R se debe configurar en cero si se supone que no hubo cambios en las pautas de atribución de biomasa subterránea (Nivel 1).

CF = fracción de carbono de materia seca, ton C (ton d.m.)⁻¹

$BCEF_R$ = factor de conversión y expansión de biomasa para la conversión de remociones en volumen venable a remociones totales de biomasa (incluyendo corteza), toneladas de remoción de biomasa aérea (m³ de remociones)⁻¹, (véase el Cuadro 4.5 para Tierras forestales). No obstante, si no se dispone de los valores del $BCEF_R$ y si el factor de expansión de la biomasa para remociones forestales (BEF_R) y los valores de densidad básica de la madera (D) se estiman individualmente, entonces, se puede usar la siguiente conversión:

$$BCEF_R = BEF_R \bullet D$$

ECUACIÓN 2.13**PÉRDIDA ANUAL DE CARBONO EN LA BIOMASA POR REMOCIONES DE MADERA COMBUSTIBLE**

$$L_{\text{madera-combustible}} = [\{FG_{\text{árboles}} \bullet BCEF_R \bullet (1 + R)\} + FG_{\text{parte}} \bullet D] \bullet CF$$

Donde:

$L_{\text{madera-combustible}}$ = pérdida anual de carbono debida a remoción de madera combustible, ton C año⁻¹

$FG_{\text{árboles}}$ = volumen anual de remoción de madera combustible de árboles enteros, m³ año⁻¹

FG_{parte} = volumen anual de remoción de madera combustible como parte de árboles, m³ año⁻¹

R = relación entre la biomasa subterránea y la aérea, en ton d.m. de biomasa subterránea (ton d.m. de biomasa aérea)⁻¹; R se debe configurar en cero si se supone que no hubo cambios en las pautas de atribución de biomasa subterránea. (Nivel 1)

CF = fracción de carbono de materia seca, ton C (ton d.m.)⁻¹

D = densidad básica de la madera, ton d.m. m⁻³

$BCEF_R$ = factor de conversión y expansión de biomasa para la conversión de remociones en volumen venable a remociones totales de biomasa (incluyendo corteza), toneladas de remoción de biomasa (m³ de remociones)⁻¹, (véase el Cuadro 4.5 para Tierras forestales). Si no se dispone de los valores del $BCEF_R$ y si el factor de expansión de la biomasa para remociones forestales (BEF_R) y los valores de densidad básica de la madera (D) se estiman individualmente, entonces se puede usar la siguiente conversión:

$$BCEF_R = BEF_R \bullet D$$

ECUACIÓN 2.14**PÉRDIDAS ANUALES DE CARBONO EN LA BIOMASA DEBIDAS A PERTURBACIONES**

$$L_{\text{perturbación}} = \{A_{\text{perturbación}} \bullet B_W \bullet (1 + R) \bullet CF \bullet fd\}$$

Donde:

$L_{\text{perturbación}}$ = otras pérdidas anuales de carbono, ton C año⁻¹ (Nótese que se trata de la cantidad de biomasa que se pierde del total de la biomasa. La diferenciación entre la biomasa que se transfiere a materia orgánica muerta y la que se oxida y se libera a la atmósfera se explica en las Ecuaciones 2.15 y 2.16).

$A_{\text{perturbación}}$ = superficie afectada por perturbaciones, há año^{-1}

B_W = biomasa aérea promedio de superficies de tierra afectadas por perturbaciones, ton d.m. há^{-1}

R = relación entre la biomasa subterránea y la aérea, en $\text{ton d.m. de biomasa subterránea (ton d.m. de biomasa aérea)}^{-1}$. R se debe configurar en cero si se supone que no hubo cambios en la biomasa subterránea (Nivel 1).

CF = fracción de carbono de materia seca, $\text{ton C (ton d.m.)}^{-1}$

fd = fracción de biomasa perdida por perturbaciones (véase la siguiente nota).

Nota: El parámetro fd define la proporción de biomasa que se pierde del depósito de biomasa: una perturbación que reemplaza a una arboleda elimina toda la biomasa ($fd = 1$), mientras que una perturbación provocada por insectos puede remover sólo una porción (p. ej. $fd = 0,3$) de la densidad promedio de C en la biomasa. La Ecuación 2.14 no especifica el destino del carbono removido de las existencias de carbono de la biomasa. La hipótesis del Nivel 1 es que todas las $L_{\text{perturbaciones}}$ se emiten en el año de la perturbación. En los métodos de nivel superior, se supone que parte de este carbono se emite inmediatamente y que otra parte se agrega a los depósitos de materia orgánica muerta (madera muerta, hojarasca) o a los PMR.

ECUACIÓN 2.15

CAMBIO ANUAL EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO EN BIOMASAS EN TIERRAS CONVERTIDAS A OTRA CATEGORÍA DE USO DE LA TIERRA (MÉTODO 2)

$$\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta C_{\text{CONVERSIÓN}} - \Delta C_L$$

Donde:

ΔC_B = cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra, en ton C año^{-1}

ΔC_G = incremento anual en las existencias de carbono de la biomasa debido a crecimiento en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra, en ton C año^{-1}

$\Delta C_{\text{CONVERSIÓN}}$ = cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra, en ton C año^{-1}

ΔC_L = reducción anual en las existencias de carbono de la biomasa debida a pérdidas producidas por cosechas, recogida de madera combustible y perturbaciones en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra, en ton C año^{-1}

ECUACIÓN 2.16

CAMBIO INICIAL EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO EN LA BIOMASA DE TIERRAS CONVERTIDAS A OTRA CATEGORÍA DE TIERRA

$$\Delta C_{\text{CONVERSIÓN}} = \sum_i \{ (B_{\text{DESPUÉS}_i} - B_{\text{ANTES}_i}) \cdot \Delta A_{\text{A_OTRAS}_i} \} \cdot CF$$

Donde:

$\Delta C_{\text{CONVERSIÓN}}$ = cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de tierra, ton C año^{-1}

$B_{\text{DESPUÉS}_i}$ = existencias de biomasa en el tipo de tierra i inmediatamente después de la conversión, ton d.m. há^{-1}

B_{ANTES_i} = existencias de biomasa en el tipo de tierra i antes de la conversión, ton d.m. há^{-1}

$\Delta A_{\text{A_OTRAS}_i}$ = superficie de uso de la tierra i convertida a otra categoría de uso de la tierra en un año dado, há año^{-1}

CF = fracción de carbono de materia seca, $\text{ton C (ton d.m.)}^{-1}$

i = tipo de uso de la tierra convertido a otra categoría de uso de la tierra.

Ecuaciones adicionales referidas a biomasa en Asentamientos

ECUACIÓN 8.1

CAMBIOS ANUALES EN EL CARBONO DE LOS DEPÓSITOS DE BIOMASA VIVA EN ASENTAMIENTOS QUE PERMANECEN COMO TALES

$$\Delta C_B = \Delta C_{\text{Árboles}} + \Delta C_{\text{Arbustos}} + \Delta C_{\text{Hierbas}}$$

Donde:

ΔC_B = acumulación anual de carbono atribuida al incremento de biomasa en *Asentamientos que permanecen como tales*, ton C año⁻¹

$\Delta C_{\text{Árboles}}$ = acumulación anual de carbono atribuida al incremento de biomasa en árboles en *Asentamientos que permanecen como tales*, ton C año⁻¹

$\Delta C_{\text{Arbustos}}$ = acumulación anual de carbono atribuida al incremento de biomasa en arbustos en *Asentamientos que permanecen como tales*, ton C año⁻¹

$\Delta C_{\text{Hierbas}}$ = acumulación anual de carbono atribuida al incremento de la biomasa herbácea en *Asentamientos que permanecen como tales*, ton C año⁻¹

ECUACIÓN 8.2

INCREMENTO ANUAL DE LA BIOMASA SOBRE LA BASE DEL TOTAL DE SUPERFICIE DE COBERTURA DE LAS COPAS

$$\Delta C_G = \sum_{i,j} AT_{i,j} \cdot CRW_{i,j}$$

Donde:

ΔC_G = acumulación anual de carbono atribuida al incremento de biomasa en *Asentamientos que permanecen como tales*, ton C año⁻¹

AT_{ij} = total de superficie de cobertura de las copas de la clase *i* en el tipo *j* de leñosas perennes, há

CRW_{ij} = tasa de crecimiento, basada en la superficie de cobertura de copas, de la clase *i* en el tipo *j* de leñosas perennes, ton C (há de cobertura de copas)⁻¹ año⁻¹

ECUACIÓN 8.3

CRECIMIENTO ANUAL DE LA BIOMASA SOBRE LA BASE DE LA CANTIDAD DE PLANTAS LEÑOSAS POR CLASES GENERALES

$$\Delta C_G = \sum_{i,j} NT_{i,j} \cdot C_{i,j}$$

Donde:

ΔC_G = acumulación anual de carbono atribuida al incremento de biomasa viva en *Asentamientos que permanecen como tales*, ton C año⁻¹

NT_{ij} = cantidad de ejemplares individuales de la clase *i* del tipo perenne *j*

C_{ij} = promedio anual de acumulación de carbono por la clase *i* del tipo perenne *j*, ton C año⁻¹ por ejemplar

C. ECUACIONES REFERIDAS A MATERIA ORGÁNICA MUERTA

ECUACIÓN 2.17 CAMBIO ANUAL EN LOS INVENTARIOS DE CARBONO DE LA MATERIA ORGÁNICA MUERTA

$$\Delta C_{DOM} = \Delta C_{DW} + \Delta C_{LT}$$

Donde:

ΔC_{DOM} = cambio anual en las existencias de carbono de la materia orgánica muerta (incluye madera muerta y hojarasca), ton C año⁻¹

ΔC_{DW} = cambio en las existencias de carbono de la madera muerta, ton C año⁻¹

ΔC_{LT} = cambio en las existencias de carbono de la hojarasca, ton C año⁻¹

ECUACIÓN 2.18 CAMBIO ANUAL EN LOS INVENTARIOS DE CARBONO DE LA MADERA MUERTA O LA HOJARASCA (MÉTODO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS)

$$\Delta C_{DOM} = A \cdot \{(DOM_{in} - DOM_{out}) \cdot CF\}$$

Donde:

ΔC_{DOM} = cambio anual en las existencias de carbono de los depósitos de madera muerta/hojarasca, ton C año⁻¹

A = superficie de tierra gestionada, ha

DOM_{in} = transferencia anual promedio de biomasa al depósito de madera muerta/hojarasca debido a procesos y perturbaciones anuales, ton d.m. há⁻¹ año⁻¹

DOM_{out} = pérdida de carbono promedio anual por descomposición y perturbaciones procedente de depósitos de madera muerta o de hojarasca, ton d.m. há⁻¹ año⁻¹

CF = fracción de carbono de materia seca, ton C (ton d.m.)⁻¹

ECUACIÓN 2.19 CAMBIO ANUAL EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO EN MADERA MUERTA U HOJARASCA (MÉTODO DE DIFERENCIA DE EXISTENCIAS)

$$\Delta C_{DOM} = \left[A \cdot \frac{(DOM_{t_2} - DOM_{t_1})}{T} \right] \cdot CF$$

Donde:

ΔC_{DOM} = cambio en las existencias anuales de carbono en madera muerta u hojarasca, ton C año⁻¹

A = superficie de tierra gestionada, ha

DOM_{t_1} = existencias de madera muerta/hojarasca en el momento t_1 en tierra gestionada, ton d.m. há⁻¹

DOM_{t_2} = existencias de madera muerta/hojarasca en el momento t_2 en tierra gestionada, ton d.m. há⁻¹

$T = (t_2 - t_1)$ = lapso transcurrido entre el momento de la segunda estimación de existencias y la primera, año

CF = fracción de carbono de materia seca (por defecto = 0,37 para hojarasca), ton C (ton d.m.)⁻¹

ECUACIÓN 2.20**CARBONO DE LA BIOMASA QUE SE TRANSFIERE ANUALMENTE A MATERIA ORGÁNICA MUERTA**

$$DOM_{in} = \{L_{mortalidad} + L_{broza} + (L_{perturbación} \bullet f_{BLol})\}$$

Donde:

DOM_{in} = total de carbono de la biomasa transferido a materia orgánica muerta, ton C año⁻¹

$L_{mortalidad}$ = transferencia anual de carbono de la biomasa a DOM debida a la mortalidad, ton C año⁻¹ (Véase la Ecuación 2.21)

L_{broza} = transferencia anual de carbono de la biomasa a DOM en forma de broza, ton C año⁻¹ (Véase la Ecuación 2.22)

$L_{perturbación}$ = pérdidas anuales de carbono en la biomasa debidas a perturbaciones, ton C año⁻¹ (Véase la Ecuación 2.14)

f_{BLol} = fracción de biomasa que se deja descomponer en el suelo (transferida a materia orgánica muerta) por pérdidas debidas a perturbaciones. Como se muestra en el Cuadro 2.1, las pérdidas por perturbaciones del depósito de biomasa se subdividen en las fracciones que se agregan a la madera muerta (celda B del Cuadro 2.1) y a la hojarasca (celda C), que se liberan a la atmósfera en caso de incendios (celda F) y, si hay salvamento después de la perturbación, las que se transfieren a PMR (celda E).

Nota: Si los incrementos en biomasa de raíces se tienen en cuenta en la Ecuación 2.10, entonces también deben considerarse las pérdidas de biomasa de raíces en las Ecuaciones 2.20 y 2.22.

ECUACIÓN 2.21**PÉRDIDAS ANUALES DE CARBONO EN LA BIOMASA POR MORTALIDAD**

$$L_{mortalidad} = \sum (A \bullet G_w \bullet CF \bullet m)$$

Donde:

$L_{mortalidad}$ = pérdida anual de carbono por mortalidad, ton C año⁻¹

A = superficie de tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra, ha

G_w = crecimiento de la biomasa aérea, ton d.m. há⁻¹ año⁻¹ (véase la Ecuación 2.10)

CF = fracción de carbono de materia seca, toneladas C (ton d.m.)⁻¹

m = tasa de mortalidad expresada como fracción del crecimiento de la biomasa aérea

ECUACIÓN 2.22**TRANSFERENCIA ANUAL DE CARBONO A BROZA**

$$L_{broza} = [\{H \bullet BCEF_R \bullet (1 + R)\} - \{H \bullet D\}] \bullet CF$$

Donde:

L_{broza} = transferencia anual de carbono de biomasa aérea a broza, incluyendo raíces muertas, ton C año⁻¹

H = cosecha anual de bosques (recogida de madera o de madera combustible), m³ año⁻¹

$BCEF_R$ = factores de conversión y expansión de biomasa aplicables a recogidas de madera, por los que se transforma el volumen venable de remoción de madera en remociones de biomasa aérea, ton remoción de biomasa (m³ de remociones)⁻¹. Si no se dispone de los valores de $BCEF_R$ y los valores de BEF y de Densidad se estiman por separado, entonces puede usarse la siguiente conversión:

$$BCEF_R = BEF_R \bullet D$$

- o D es la densidad básica de la madera, ton d.m. m⁻³
- o Los Factores de Expansión de Biomasa (BEF_R) expanden las remociones de madera venable a volumen total de biomasa aérea para compensar los componentes no venables del árbol, la arboleda y el bosque. El BEF_R no tiene dimensión.

R = relación entre la biomasa subterránea y la aérea, en ton d.m. de biomasa subterránea (ton d.m. de biomasa aérea)⁻¹. R se debe configurar en cero si el incremento de biomasa en raíces no está incluido en la Ecuación 2.10 (Nivel 1).

CF = fracción de carbono de materia seca, ton C (ton d.m.)⁻¹

ECUACIÓN 2.23

CAMBIO ANUAL EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO EN MADERA MUERTA Y HOJARASCA DEBIDO A LA CONVERSIÓN EN EL USO DE LA TIERRA

$$\Delta C_{DOM} = \frac{(C_n - C_o) \cdot A_{on}}{T_{on}}$$

Donde:

ΔC_{DOM} = cambio en las existencias anuales de carbono en madera muerta u hojarasca, ton C año⁻¹

C_o = existencias de madera muerta/hojarasca, bajo la categoría anterior de uso de la tierra, ton C há⁻¹

C_n = existencias de madera muerta/hojarasca, bajo la nueva categoría de uso de la tierra, ton C há⁻¹

A_{on} = superficie sometida a la conversión de la vieja a la nueva categoría de uso de la tierra, ha

T_{on} = lapso en el que se produce la transición de la vieja a la nueva categoría de uso de la tierra, año. El valor por defecto en el Nivel 1 es de 20 años para los incrementos de existencias de carbono y de 1 año para las pérdidas de carbono.

D. ECUACIONES REFERIDAS A CARBONO DEL SUELO

ECUACIÓN 2.24

CAMBIO ANUAL EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO DE LOS SUELOS

$$\Delta C_{Suelos} = \Delta C_{Minerales} - L_{Orgánicos} + \Delta C_{Inorgánicos}$$

Donde:

ΔC_{Suelos} = cambio anual en las existencias de carbono de los suelos, ton C año⁻¹

$\Delta C_{Minerales}$ = cambio anual en las existencias de carbono orgánico de los suelos minerales, ton C año⁻¹

$L_{Orgánicos}$ = pérdida anual de carbono de suelos orgánicos drenados, ton C año⁻¹

$\Delta C_{Inorgánicos}$ = cambio anual en las existencias de carbono inorgánico de los suelos, ton C año⁻¹ (se supone que es 0 a menos que se emplee un método de Nivel 3).

ECUACIÓN 2.25

CAMBIO ANUAL EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO ORGÁNICO EN SUELOS MINERALES

$$\Delta C_{Mineral} = \frac{(SOC_0 - SOC_{(0-T)})}{D}$$

$$SOC = \sum_{c,s,i} (SOC_{REF_{c,s,i}} \cdot F_{LU_{c,s,i}} \cdot F_{MG_{c,s,i}} \cdot F_{I_{c,s,i}} \cdot A_{c,s,i})$$

(Nota: En esta ecuación, se utiliza T en lugar de D cuando T es ≥ 20 años, véase la nota al pie)

Donde:

$\Delta C_{\text{Minerales}}$ = cambio anual en las existencias de carbono de los suelos minerales, ton C año^{-1}

SOC_0 = existencias de carbono orgánico en el suelo en el último año de un período de inventario, ton C

$\text{SOC}_{(0-T)}$ = existencias de carbono orgánico en el suelo al comienzo de un período de inventario, ton C

SOC_0 y $\text{SOC}_{(0-T)}$ se calculan utilizando la ecuación del SOC del recuadro donde se asignan los factores de referencia para existencias y cambios de existencias de carbono según las actividades de uso y gestión de la tierra y las superficies respectivas en cada uno de los momentos (momento = 0 y momento = 0-T)

T = cantidad de años de un período de inventario dado, año

D = dependencia temporal de los factores de cambio de existencias, que es el lapso por defecto para la transición entre los valores de equilibrio del SOC, año. Habitualmente 20 años, pero depende de las hipótesis que se apliquen en el cálculo de los factores F_{LU} , F_{MG} y F_I . Si T es mayor que D , úsese el valor de T para obtener la tasa anual de cambio durante el tiempo de inventario ($0 - T$ años).

c = representa las zonas climáticas, s los tipos de suelo, e i el conjunto de sistemas de gestión presentes en un país dado.

SOC_{REF} = las existencias de carbono de referencia, ton C há^{-1} (Cuadro 2.3)

F_{LU} = factor de cambio de existencias para sistemas de uso de la tierra o subsistemas de un uso de la tierra en particular, sin dimensión

[Nota: F_{ND} se sustituye por F_{LU} en el cálculo del C en suelos forestales para estimar la influencia de los regímenes de perturbaciones naturales.

F_{MG} = factor de cambio de existencias para el régimen de gestión, sin dimensión

F_I = factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica, sin dimensión

A = superficie de tierra del estrato que se estima, há . Toda la tierra del estrato debe tener condiciones biofísicas (es decir, clima y tipo de suelo) y una historia de gestión durante el período de inventario en común para que se la pueda considerar en su conjunto con fines analíticos.

ECUACIÓN 2.26
PÉRDIDA ANUAL DE CARBONO DE SUELOS ORGÁNICOS DRENADOS (CO_2)

$$L_{\text{Orgánicos}} = \sum_c (A \bullet EF)_c$$

Donde:

$L_{\text{orgánica}}$ = pérdida anual de carbono de suelos orgánicos drenados, ton C año^{-1}

A = superficie de los suelos orgánicos drenados en el tipo de clima c , ha

Nota: La A es la misma superficie (F_{os}) que se utiliza para estimar las emisiones de N_2O en el Capítulo 11, Ecuaciones 11.1 y 11.2.

EF = factor de emisión para el tipo de clima c , $\text{ton C há}^{-1} \text{ año}^{-1}$

E. ECUACIONES REFERIDAS AL QUEMADO DE BIOMASA

ECUACIÓN 2.27

ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO A CAUSA DEL FUEGO

$$L_{\text{fuego}} = A \cdot M_B \cdot C_f \cdot G_{ef} \cdot 10^{-3}$$

Donde:

L_{fuego} = cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero provocada por el fuego, ton de cada gas de efecto invernadero (GEI), p. ej., CH₄, N₂O, etc.

A = superficie quemada, ha

M_B = masa de combustible disponible para la combustión, ton há⁻¹. Incluye biomasa, hojarasca molida y madera muerta. Cuando se aplican métodos de Nivel 1, se supone que los depósitos de hojarasca y de madera muerta equivalen a cero, a excepción de los casos en que hay un cambio en el uso de la tierra (véase la Sección 2.3.2.2).

C_f = factor de combustión, sin dimensión (valores por defecto del Cuadro 2.6)

G_{ef} = Factor de emisión, g kg⁻¹ de materia seca quemada (valores por defecto del Cuadro 2.5).

Nota: Cuando no se dispone de datos para M_B y C_f , se puede utilizar un valor por defecto para la cantidad de combustible realmente quemado (el producto de M_B por C_f) (Cuadro 2.4), según la metodología de Nivel 1.

F. ECUACIONES REFERIDAS AL CULTIVO DEL ARROZ

ECUACIÓN 5.1

EMISIONES DE CH₄ PRODUCIDAS POR EL CULTIVO DEL ARROZ

$$CH_4 \text{ Arroz} = \sum_{i,j,k} (EF_{i,j,k} \cdot t_{i,j,k} \cdot A_{i,j,k} \cdot 10^{-6})$$

Donde:

$CH_4 \text{ Rice}$ = emisiones anuales de metano producidas por el cultivo del arroz, Gg CH₄ año⁻¹

EF_{ijk} = un factor de emisión diario para las condiciones i, j , y k , kg CH₄ há⁻¹ día⁻¹

t_{ijk} = período de cultivo del arroz para las condiciones i, j , y k , días

A_{ijk} = superficie de cosecha anual de arroz para las condiciones i, j , y k , há año⁻¹

i, j , y k = representan los diferentes ecosistemas, regímenes hídricos, tipo y cantidad de abonos orgánicos y otras condiciones bajo las cuales pueden variar las emisiones de CH₄ producidas por el arroz.

ECUACIÓN 5.2

FACTOR AJUSTADO DE EMISIÓN DIARIA

$$EF_i = EF_c \cdot SF_w \cdot SF_p \cdot SF_o \cdot SF_{s,r}$$

Donde:

EF_i = factor de emisión diaria ajustado para una superficie de cosecha dada

EF_c = factor de emisión básico para tierras inundadas permanentemente sin abonos orgánicos

SF_w = factor de ajuste para compensar las diferencias del régimen hídrico durante el periodo de cultivo (del Cuadro 5.12)

SF_p = factor de ajuste para compensar las diferencias del régimen hídrico durante la temporada previa al cultivo (del Cuadro 5.13)

SF_o = el factor de ajuste debe variar según el tipo y la cantidad de abono orgánico aplicado (de la Ecuación 5.3 y del Cuadro 5.14).

$SF_{s,r}$ = factor de ajuste para tipo de suelo, cultivar del arroz, etc., si está disponible

ECUACIÓN 5.3
FACTORES DE AJUSTE DE EMISIÓN DE CH_4 ADAPTADOS PARA ABONOS ORGÁNICOS

$$SF_o = \left(1 + \sum_i ROA_i \bullet CFOA_i \right)^{0,59}$$

Donde:

SF_o = factor de ajuste para tipo y cantidad de abono orgánico aplicado

tasa de aplicación de abono orgánico i , en peso seco para paja y en peso fresco para los demás, en ton há⁻¹

factor de conversión para abono orgánico i (en términos de su efecto relativo con respecto a la paja aplicada poco antes del cultivo), como se indica en el Cuadro 5.14.

G. ECUACIONES REFERIDAS A HUMEDALES

ECUACIÓN 7.1
EMISIONES DE CO_2 DE HUMEDALES

$$CO_{2\_W} = CO_{2\_Wturba} + CO_{2\_Winund}$$

Donde:

CO_{2_W} = emisiones de CO_2 de humedales, Gg CO_2 año⁻¹

CO_{2_Wturba} = emisiones de CO_2 de bonales gestionados para la producción de turba, Gg CO_2 año⁻¹

CO_{2_Winund} = emisiones de CO_2 de (tierras convertidas en) Tierras inundadas, Gg CO_2 año⁻¹

ECUACIÓN 7.2
EMISIONES DE CO_2 EN BONALES DURANTE LA EXTRACCIÓN DE TURBA

$$CO_{2\_WWturba} = \left(CO_{2\_CWWturba \text{ fuera-del-sitio}} + CO_{2\_CWWturba \text{ en-el-sitio}} \right) \bullet \left(\frac{44}{12} \right)$$

Donde:

$CO_{2\_WWturba}$ = emisiones de CO_2 de tierras sometidas a extracción de turba, Gg CO_2 año⁻¹

$CO_{2\_CWWturba \text{ fuera-del-sitio}}$ = emisiones de CO_2 -C fuera del sitio de la turba eliminada para uso hortícola, Gg C año⁻¹

$CO_{2\_CWWturba \text{ en-el-sitio}}$ = emisiones de CO_2 -C en el sitio de depósitos de turba drenados, Gg C año⁻¹

ECUACIÓN 7.3
EMISIONES DE CO_2 -C DE BONALES GESTIONADOS (NIVEL 1)

$$CO_{2\_CWWturba} = CO_{2\_CWWturba \text{ fuera-del-sitio}} + CO_{2\_CWWturba \text{ en-el-sitio}}$$

Donde:

$$\begin{aligned}
 CO_2-C_{WW_{turba}} &= \text{emisiones de } CO_2-C \text{ de bonales gestionados, Gg C año}^{-1} \\
 CO_2-C_{WW_{turba \text{ en-el-sitio}}} &= \text{emisiones en el sitio de depósitos de turba (todas las fases de producción), Gg C año}^{-1} \\
 CO_2-C_{WW_{turba \text{ fuera-del-sitio}}} &= \text{emisiones fuera del sitio de turba extraída para uso hortícola, Gg C año}^{-1}
 \end{aligned}$$

ECUACIÓN 7.4
EMISIONES EN EL SITIO DE CO_2-C DEL SUELO A PARTIR DE BONALES GESTIONADOS (NIVEL 1)

$$CO_2-C_{WW_{turba \text{ en-el-sitio}}} = \left[\frac{(A_{turbaRica} \cdot EF_{CO_2_{turbaRica}}) + (A_{turbaPobre} \cdot EF_{CO_2_{turbaPobre}})}{1000} \right] + \Delta C_{WW_{turbaB}}$$

Donde:

$$\begin{aligned}
 CO_2-C_{WW_{turba \text{ en-el-sitio}}} &= \text{emisiones de } CO_2-C \text{ en el sitio de depósitos de turba (todas las fases de producción), Gg C año}^{-1} \\
 A_{turbaRica} &= \text{superficie de suelos con turba rica en nutrientes gestionados para extracción de turba (todas las fases de producción), há} \\
 A_{turbaPobre} &= \text{superficie de suelos con turba pobre en nutrientes gestionados para extracción de turba (todas las fases de producción), há} \\
 EF_{CO_2_{turbaRica}} &= \text{factores de emisión de } CO_2 \text{ para suelos de turba rica en nutrientes gestionados para la extracción de turba o abandonados después de la extracción de turba, ton C há}^{-1} \text{ año}^{-1} \\
 EF_{CO_2_{turbaPobre}} &= \text{factores de emisión de } CO_2 \text{ para suelos de turba pobre en nutrientes gestionados para la extracción de turba o abandonados después de la extracción de turba, ton C há}^{-1} \text{ año}^{-1} \\
 \Delta C_{WW_{turbaB}} &= \text{emisiones de } CO_2-C \text{ producidas por cambios en las existencias de carbono en biomasa por desmonte de la vegetación, Gg C año}^{-1}
 \end{aligned}$$

ECUACIÓN 7.5
EMISIONES DE CO_2-C FUERA DEL SITIO A PARTIR DE BONALES GESTIONADOS (NIVEL 1)

$$\begin{aligned}
 CO_2-C_{WW_{turba \text{ fuera-del-sitio}}} &= \frac{(Wt_{seco\_turba} \cdot C_{fracción_{wt\_turba}})}{1000} \\
 &\text{o} \\
 CO_2-C_{WW_{turba \text{ fuera-del-sitio}}} &= \frac{(Vol_{seco\_turba} \cdot C_{fracción_{vol\_turba}})}{1000}
 \end{aligned}$$

Donde:

$$\begin{aligned}
 CO_2-C_{WW_{turba \text{ fuera-del-sitio}}} &= \text{emisiones de } CO_2-C \text{ fuera del sitio de turba eliminada para uso hortícola, Gg C año}^{-1} \\
 Wt_{turba\_seco} &= \text{peso en aire seco de la turba extraída, ton año}^{-1} \\
 Vol_{turba\_seco} &= \text{volumen de turba en aire seco extraída, m}^3 \text{ año}^{-1} \\
 C_{fracción_{wt\_turba}} &= \text{fracción de carbono en aire seco por peso, (ton de turba en aire seco)}^{-1} \\
 C_{fracción_{vol\_turba}} &= \text{fracción de carbono en aire seco por volumen, ton C (m}^3 \text{ de turba en aire seco)}^{-1}
 \end{aligned}$$

ECUACIÓN 7.6**EMISIONES DE CO₂-C EN EL SITIO A PARTIR DE BONALES GESTIONADOS (NIVELES 2 Y 3)**

$$CO_2-C_{WW_{turba\text{ en-el-sitio}}} = \left(CO_2-C_{WW_{turba\text{ conversión}}} + CO_2-C_{WW_{turba\text{ extracción}}} + \right. \\ \left. CO_2-C_{WW_{turba\text{ reservas}}} + CO_2-C_{WW_{turba\text{ turba}}} \right)$$

Donde:

$CO_2-C_{WW_{turba\text{ en-el-sitio}}}$ = emisiones de CO₂-C en el sitio de depósitos de turba, Gg C año⁻¹

$CO_2-C_{WW_{turba\text{ conversión}}}$ = emisiones de CO₂-C en el sitio de la conversión de tierras para extracción de turba, Gg C año⁻¹

$CO_2-C_{WW_{turba\text{ extracción}}}$ = emisiones de CO₂-C desde la superficie de la zona de extracción de turba, Gg C año⁻¹

$CO_2-C_{WW_{turba\text{ reservas}}}$ = emisiones de CO₂-C desde reservas de turba previas a su remoción del sitio, Gg C año⁻¹

$CO_2-C_{WW_{turba\text{ post}}}$ = emisiones de CO₂-C desde suelos de bonales abandonados cortados, Gg C año⁻¹

ECUACIÓN 7.7**EMISIONES DE N₂O DE BONALES DURANTE LA EXTRACCIÓN DE TURBA**

$$N_2O_{WW_{turba\text{ Extracción}}} = \left(A_{turba\text{ Rica}} \cdot EF_{N_2O-N_{turba\text{ Rica}}} \right) \cdot \frac{44}{28} \cdot 10^{-6}$$

Donde:

$N_2O_{WW_{turba\text{ Extracción}}}$ = emisiones directas de N₂O de bonales gestionados para extracción de turba, Gg N₂O año⁻¹

$A_{turba\text{ Rica}}$ = superficie de suelos con turba rica en nutrientes gestionados para la extracción de turba, incluyendo áreas abandonadas en las que el drenaje siga estando presente, há

$EF_{N_2O-N_{turba\text{ Rica}}}$ = factor de emisión para suelos orgánicos de humedales drenados ricos en nutrientes, kg N₂O-N há⁻¹ año⁻¹

ECUACIÓN 7.8**EMISIONES DE CO₂-C EN BONALES BAJO DRENAJE PARA EXTRACCIÓN DE TURBA**

$$CO_2-C_{LW_{turba\text{ _en-el-sitio}}} = \left(-\Delta C_{WW_{turba\text{ B}}} \right) + \left(-\Delta C_{WW_{turba\text{ DOM}}} \right) + CO_2-C_{LW_{turba\text{ _drenaje}}}$$

Donde:

$CO_2-C_{LW_{turba\text{ _en-el-sitio}}}$ = emisiones de CO₂-C de tierras en conversión para extracción de turba, Gg C año⁻¹

$\Delta C_{WW_{turba\text{ B}}}$ = emisiones de CO₂-C producidas por cambios en las existencias de carbono en biomasa viva, Gg C año⁻¹

$\Delta C_{WW_{turba\text{ DOM}}}$ = emisiones de CO₂-C producidas por cambios en las existencias de carbono en depósitos de materia orgánica muerta, Gg C año⁻¹

$CO_2-C_{LW_{turba\text{ _drenaje}}}$ = emisiones de CO₂-C de suelos durante el drenaje, Gg C año⁻¹

ECUACIÓN 7.9**EMISIONES DE CO₂-C DEL SUELO EN BONALES BAJO DRENAJE PARA EXTRACCIÓN DE TURBA**

$$CO_2-C_{LW_{drenaje\_turba}} = \left[\frac{(A_{turba_{Rica\_drenada}} \bullet EF_{CO_2 turba_{Rica\_drenada}}) + (A_{turba_{Pobre\_drenada}} \bullet EF_{CO_2 turba_{Rica\_drenada}})}{1000} \right]$$

Donde:

$CO_2-C_{LW_{drenaje\_turba}}$ = emisiones de CO₂-C de suelos en tierras convertidas para extracción de turba, Gg C año⁻¹

$A_{drained\ turba_{Rica}}$ = superficie de suelos de turba rica en nutrientes bajo drenaje, há

$A_{turba\ drenada_{Pobre}}$ = superficie de suelos de turba rica en nutrientes bajo drenaje, há

$EF_{CO_2 turba\ drenada_{Rica}}$ = factores de emisión de CO₂-C de suelos de turba rica en nutrientes bajo drenaje, ton C há⁻¹ año⁻¹

$EF_{CO_2 turba\ drenada_{Pobre}}$ = factores de emisión de CO₂-C de suelos de turba pobre en nutrientes bajo drenaje, ton C há⁻¹ año⁻¹

ECUACIÓN 7.10**CAMBIO ANUAL EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO EN LA BIOMASA VIVA DE TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS PERMANENTEMENTE INUNDADAS**

$$\Delta C_{LWinund_{LB}} = \left[\sum_i A_i \bullet (B_{Despu\acute{e}s_i} - B_{Antes_i}) \right] \bullet CF$$

$$CO_{2\_LWinund} = \Delta C_{LWinund_{LB}} \bullet \frac{-44}{12}$$

Donde:

$\Delta C_{LWinund_{LB}}$ = cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa en *Tierras convertidas en tierras inundadas*, ton C año⁻¹

A_i = superficie de tierras convertidas anualmente en Tierras inundadas a partir del uso original de la tierra, há año⁻¹

$B_{Despu\acute{e}s_i}$ = biomasa inmediatamente después de la conversión en Tierras inundadas, ton d.m. há⁻¹ (defecto = 0)

B_{Antes_i} = biomasa inmediatamente antes de la conversión en Tierras inundadas, ton d.m. há⁻¹

CF = fracción de carbono de materia seca (por defecto = 0,5), ton C (ton d.m.)⁻¹

$CO_{2\_LWinund}$ = emisiones anuales de CO₂ en *Tierras convertidas en tierras inundadas*, ton CO₂ año⁻¹

H. ECUACIONES REFERIDAS A GANADO**ECUACIÓN 10.1****POBLACIÓN PROMEDIO ANUAL**

$$AAP = Días\_viva \bullet \left(\frac{NAPA}{365} \right)$$

Donde:

AAP = población promedio anual
 NAPA = cantidad de animales producidos anualmente

ECUACIÓN 10.2
COEFICIENTE PARA CALCULAR LA ENERGÍA NETA PARA MANTENIMIENTO

$$Cf_i (en \_ frío) = Cf_i + 0,0048 \bullet (20 - ^\circ C)$$

Donde:

Cf_i = un coeficiente que varía para cada categoría de animales, como se indica en el Cuadro 10.4 (Coeficientes para calcular NE_m), MJ día⁻¹ kg⁻¹

$^\circ C$ = temperatura diaria media durante la temporada invernal.

ECUACIÓN 10.3
ENERGÍA NETA PARA MANTENIMIENTO

$$NE_m = Cf_i \bullet (Peso)^{0,75}$$

Donde:

NE_m = energía neta requerida por el animal para su mantenimiento, MJ día⁻¹

Cf_i = un coeficiente que varía para cada categoría de animales, como se indica en el Cuadro 10.4 (Coeficientes para calcular NE_m), MJ día⁻¹ kg⁻¹

Peso = peso vivo del animal, kg.

ECUACIÓN 10.4
ENERGÍA NETA PARA ACTIVIDAD (PARA VACUNOS Y BÚFALOS)

$$NE_a = C_a \bullet NE_m$$

Donde:

NE_a = energía neta para la actividad animal, MJ día⁻¹

C_a = coeficiente correspondiente a la situación alimentaria del animal (Cuadro 10.5, Coeficientes de actividad)

NE_m = energía neta requerida por el animal para su mantenimiento (Ecuación 10.3), MJ día⁻¹

ECUACIÓN 10.5
ENERGÍA NETA PARA ACTIVIDAD (PARA OVINOS)

$$NE_a = C_a \bullet (peso)$$

Donde:

NE_a = energía neta para la actividad animal, MJ día⁻¹

C_a = coeficiente correspondiente a la situación alimentaria del animal (Cuadro 10.5), MJ día⁻¹ kg⁻¹

peso = peso vivo del animal, kg.

ECUACIÓN 10.6
ENERGÍA NETA PARA CRECIMIENTO (PARA VACUNOS Y BÚFALOS)

$$NE_g = 22,02 \cdot \left(\frac{BW}{C \cdot MW} \right)^{0,75} \cdot WG^{1,097}$$

Donde:

- NE_g = energía neta necesaria para el crecimiento, MJ día⁻¹
 BW = peso corporal vivo promedio (BW) de los animales de la población, kg
 C = un coeficiente con un valor de 0,8 para hembras, 1,0 para castrados y 1,2 para toros (NRC, 1996)
 MW = peso corporal vivo y maduro de una hembra adulta en condición corporal moderada, kg
 WG = aumento de peso diario promedio de los animales de la población, kg día⁻¹

ECUACIÓN 10.7
ENERGÍA NETA PARA CRECIMIENTO (PARA OVINOS)

$$NE_g = \frac{WG_{\text{cordero}} \cdot (a + 0,5b(BW_i + BW_f))}{365}$$

Donde:

- NE_g = energía neta para el crecimiento, MJ día⁻¹
 WG_{cordero} = el aumento de peso ($BW_f - BW_i$), kg año⁻¹
 BW_i = peso corporal vivo al destete, kg
 BW_f = peso corporal vivo al año de edad o al sacrificio (peso vivo) si se lo sacrifica antes del año de edad, kg
 a, b = constantes según lo descrito en el Cuadro 10.6.

ECUACIÓN 10.8
ENERGÍA NETA PARA LACTANCIA (PARA VACUNOS DE CARNE, GANADO LECHERO Y BÚFALOS)

$$NE_l = Leche \cdot (1,47 + 0,40 \cdot Grasa)$$

Donde:

- NE_l = energía neta para lactancia, MJ día⁻¹
 $Leche$ = cantidad de leche producida, kg de leche día⁻¹
 $Grasa$ = contenido graso de la leche, % sobre peso.

ECUACIÓN
ENERGÍA NETA PARA LACTANCIA OVINA (PRODUCCIÓN DE LECHE CONOCIDA)

$$NE_l = Leche \cdot EV_{\text{leche}}$$

Donde:

- NE_l = energía neta para lactancia, MJ día⁻¹
 $Leche$ = cantidad de leche producida, kg de leche día⁻¹
 EV_{leche} = la energía neta requerida para producir 1 kg de leche. Se puede usar un valor por defecto de 4,6 MJ/kg (AFRC, 1993) que corresponde a un contenido graso de la leche del 7% de su peso

ECUACIÓN 10.10
ENERGÍA NETA PARA LACTANCIA OVINA (PRODUCCIÓN DE LECHE DESCONOCIDA)

$$NE_1 = \left[\frac{(5 \cdot WG_{destete})}{365} \right] \cdot EV_{leche}$$

Donde:

NE_1 = energía neta para lactancia, MJ día⁻¹

$WG_{destete}$ = aumento de peso del cordero desde el nacimiento hasta el destete, kg

EV_{leche} = la energía necesaria para producir 1 kg de leche, MJ kg⁻¹. Se puede usar un valor por defecto de 4,6 MJ kg⁻¹ (AFRC, 1993).

ECUACIÓN 10.11
ENERGÍA NETA PARA EL TRABAJO (PARA VACUNOS Y BÚFALOS)

$$NE_{trabajo} = 0,10 \cdot NE_m \cdot Horas$$

Donde:

$NE_{trabajo}$ = energía neta para el trabajo, MJ día⁻¹

NE_m = energía neta requerida por el animal para su mantenimiento (Ecuación 10.3), MJ día⁻¹

$Horas$ = cantidad de horas de trabajo por día

ECUACIÓN 10.12
ENERGÍA NETA PARA PRODUCIR LANA (PARA OVINOS)

$$NE_{lana} = \left(\frac{EV_{lana} \cdot Producción_{lana}}{365} \right)$$

Donde:

NE_{lana} = energía neta requerida para producir lana, MJ día⁻¹

EV_{lana} = el valor en energía de cada kg de lana producido (pesada después del secado pero antes del lavado), MJ kg⁻¹. Se puede usar un valor por defecto de 24 MJ kg⁻¹ (AFRC, 1993) para esta estimación.

$Producción_{lana}$ = producción anual de lana por ovino (kg año⁻¹)

ECUACIÓN 10.13
ENERGÍA NETA PARA PREÑEZ (PARA VACUNOS, BÚFALOS Y OVINOS)

$$NE_p = C_{preñez} \cdot NE_m$$

Donde:

NE_p = energía neta requerida para la preñez, MJ día⁻¹

$C_{preñez}$ = coeficiente de preñez (véase el Cuadro 10.7)

NE_m = energía neta requerida por el animal para su mantenimiento (Ecuación 10.3), MJ día⁻¹

ECUACIÓN 10.14

RELACIÓN ENTRE LA ENERGÍA DISPONIBLE EN UNA DIETA PARA MANTENIMIENTO Y LA ENERGÍA DIGERIBLE CONSUMIDA

$$REM = \left[1.123 - (4.092 \cdot 10^{-3} \cdot DE\%) + [1.126 \cdot 10^{-5} \cdot (DE\%)^2] - \left(\frac{25,4}{DE\%} \right) \right]$$

Donde:

REM = relación entre la energía neta disponible en una dieta para mantenimiento y la energía digerible consumida

DE% = energía digerible expresada como porcentaje de la energía bruta

ECUACIÓN 10.15

RELACIÓN ENTRE LA ENERGÍA DISPONIBLE EN UNA DIETA PARA CRECIMIENTO Y LA ENERGÍA DIGERIBLE CONSUMIDA

$$REG = \left[1.164 - (5.160 \cdot 10^{-3} \cdot DE\%) + [1.308 \cdot 10^{-5} \cdot (DE\%)^2] - \left(\frac{37,4}{DE\%} \right) \right]$$

Donde:

REG = relación entre la energía neta disponible para crecimiento en una dieta y la energía digerible consumida

DE% = energía digerible expresada como porcentaje de la energía bruta

ECUACIÓN 10.16

ENERGÍA BRUTA PARA VACUNOS, BÚFALOS Y OVINOS)

$$GE = \left[\frac{\left(\frac{NE_m + NE_a + NE_l + NE_{trabajo} + NE_p}{REM} \right) + \left(\frac{NE_g + NE_{lana}}{REG} \right)}{\frac{DE\%}{100}} \right]$$

Donde:

GE = energía bruta, MJ día⁻¹

NE_m = energía neta requerida por el animal para su mantenimiento (Ecuación 10.3), MJ día⁻¹

NE_a = energía neta para la actividad animal (Ecuaciones 10.4 y 10.5), MJ día⁻¹

NE_l = energía neta para lactancia (Ecuaciones 10.8, 10.9 y 10.10), MJ día⁻¹

NE_{trabajo} = energía neta para el trabajo (Ecuación 10.11), MJ día⁻¹

NE_p = energía neta requerida para la preñez (Ecuación 10.13), MJ día⁻¹

REM = relación entre la energía neta disponible en una dieta para mantenimiento y la energía digerible consumida (Ecuación 10.14)

NE_g = energía neta necesaria para el crecimiento (Ecuaciones 10.6 y 10.7), MJ día⁻¹

NE_{lana} = energía neta requerida para producir un año de lana (Ecuación 10.12), MJ día⁻¹

REG = relación entre la energía neta disponible para crecimiento en una dieta y la energía digerible consumida (Ecuación 10.15)

DE% = energía digerible expresada como porcentaje de la energía bruta

ECUACIÓN 10.17
ESTIMACIÓN DE LA INGESTA DE MATERIA SECA PARA GANADO EN CRECIMIENTO Y EN TERMINACIÓN

$$DMI = BW^{0,75} \cdot \left[\frac{(0,2444 \cdot NE_{ma} - 0,0111 \cdot NE_{ma}^2 - 0,472)}{NE_{ma}} \right]$$

Donde:

DMI = ingesta de materia seca, kg día⁻¹

BW = peso corporal en pie, kg

NE_{ma} = concentración de energía neta dietaria estimada o valores por defecto del Cuadro 10.8, MJ kg⁻¹

ECUACIÓN 10.18A
ESTIMACIÓN DE LA INGESTA DE MATERIA SECA PARA GANADO MADURO

$$DMI = BW^{0,75} \cdot \left[\frac{(0,0119 \cdot NE_{ma}^2 + 0,1938)}{NE_{ma}} \right]$$

Donde:

DMI = ingesta de materia seca, kg día⁻¹

BW = peso corporal en pie, kg

NE_{ma} = concentración de energía neta dietaria estimada o valores por defecto del Cuadro 10.8, MJ kg⁻¹

ECUACIÓN 10.18B
ESTIMACIÓN DE LA INGESTA DE MATERIA SECA PARA VACAS LECHERAS MADURAS

$$DMI = \left[\frac{\left(\frac{(5,4 \cdot BW)}{500} \right)}{\left(\frac{(100 - DE\%)}{100} \right)} \right]$$

Donde:

DMI = ingesta de materia seca, kg día⁻¹

BW = peso corporal en pie, kg

DE% = energía digerible expresada como porcentaje de la energía bruta (habitualmente, entre 45 y 55% para forrajes de baja calidad)

ECUACIÓN 10.19
EMISIONES POR FERMENTACIÓN ENTÉRICA DE UNA CATEGORÍA DE GANADO

$$Emisiones = EF_{(T)} \cdot \left(\frac{N_{(T)}}{10^6} \right)$$

Donde:

Emisiones = emisiones de metano por fermentación entérica, Gg CH₄ año⁻¹

EF_(T) = factor de emisión para la población de ganado definida, kg CH₄ cabeza⁻¹ año⁻¹

$N_{(T)}$ = la cantidad de cabezas de la especie/categoría de ganado T del país
 T = especie/categoría de ganado

ECUACIÓN 10.20
EMISIONES TOTALES POR FERMENTACIÓN ENTÉRICA DEL GANADO

$$\text{Total CH}_{4\text{Entérica}} = \sum_i E_i$$

Donde:

$\text{Total CH}_{4\text{Entérica}}$ = emisiones totales de metano por fermentación entérica, Gg CH_4 año⁻¹

E_i = emisiones de las i° categorías y subcategorías de ganado

ECUACIÓN 10.21
FACTORES DE EMISIÓN DE CH_4 POR FERMENTACIÓN ENTÉRICA DE UNA CATEGORÍA DE GANADO

$$EF = \left[\frac{GE \cdot \left(\frac{Y_m}{100} \right) \cdot 365}{55,65} \right]$$

Donde:

EF = factor de emisión, kg CH_4 cabeza⁻¹ año⁻¹

GE = ingesta de energía bruta, MJ cabeza⁻¹ día⁻¹

Y_m = factor de conversión en metano, porcentaje de la energía bruta del alimento convertida en metano

El factor 55,65 (MJ/kg CH_4) es el contenido de energía del metano.

ECUACIÓN 10.22
EMISIONES DE CH_4 DE LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

$$\text{CH}_{4\text{Estiércol}} = \sum_{(T)} \frac{(EF_{(T)} \cdot N_{(T)})}{10^6}$$

Donde:

$\text{CH}_{4\text{Estiércol}}$ = emisiones de CH_4 por la gestión del estiércol, para una población definida, Gg CH_4 año⁻¹

$EF_{(T)}$ = factor de emisión para la población de ganado definida, kg CH_4 cabeza⁻¹ año⁻¹

$N_{(T)}$ = la cantidad de cabezas de la especie/categoría de ganado T del país

T = especie/categoría de ganado

ECUACIÓN 10.23
FACTOR DE EMISIÓN DE CH_4 DE LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

$$EF_{(T)} = (VS_{(T)} \cdot 365) \cdot \left[B_{o(T)} \cdot 0,67 \text{ kg} / \text{m}^3 \cdot \sum_{S,k} \frac{MCF_{S,k}}{100} \cdot MS_{(T,S,k)} \right]$$

Donde:

$EF_{(T)}$ = factor de emisión anual de CH_4 para la categoría de ganado T , kg CH_4 animal⁻¹ año⁻¹

$VS_{(T)}$ = sólidos volátiles excretados por día en la categoría de ganado T , kg materia seca animal⁻¹ día⁻¹

- 365 = base para calcular la producción anual de VS, días año⁻¹
- $B_{o(T)}$ = capacidad máxima de producción de metano del estiércol producido por el ganado de la categoría T , m³ CH₄ kg⁻¹ de VS excretados
- 0,67 = factor de conversión de m³ de CH₄ a kilos de CH₄
- $MCF_{(S,k)}$ = factores de conversión de metano para cada sistema de gestión del estiércol S por región climática k , %
- $MS_{(T,S,k)}$ = fracción del estiércol del ganado de la categoría T manejado usando el sistema de gestión del estiércol S en la región climática k , sin dimensión

ECUACIÓN 10.24

TASAS DE EXCRECIÓN DE SÓLIDOS VOLÁTILES

$$VS = \left[GE \cdot \left(1 - \frac{DE\%}{100} \right) + (UE \cdot GE) \right] \cdot \left[\left(\frac{1 - CENIZA}{18,45} \right) \right]$$

Donde:

- VS excreción de sólidos volátiles por día en base a materia orgánica seca, kg VS día⁻¹
- GE = ingesta de energía bruta, MJ día⁻¹
- DE% = digestibilidad del alimento en porcentaje (p. ej., 60%)
- (UE • GE) = energía urinaria expresada como fracción de la GE. Habitualmente, se puede considerar una excreción de energía urinaria de 0,04GE para la mayoría de los rumiantes (reducir a 0,02 para rumiantes alimentados con 85% o más de grano en la dieta o para porcinos). Utilizar valores específicos del país si se dispone de ellos.
- CENIZA = el contenido de ceniza del estiércol calculado como fracción de la ingesta alimentaria de materia seca (p. ej., 0,08 para vacunos). Utilizar valores específicos del país si se dispone de ellos.
- 18,45 = factor de conversión para GE dietaria por kg de materia seca (MJ kg⁻¹). Este valor es relativamente constante en toda una gama de forrajes y de alimentos basados en granos que consume regularmente el ganado.

ECUACIÓN 10.25

EMISIONES DIRECTAS DE N₂O DE LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

$$N_2O_{D(mm)} = \left[\sum_S \left[\sum_T (N_{(T)} \cdot Nex_{(T)} \cdot MS_{(T,S)}) \right] \cdot EF_{3(S)} \right] \cdot \frac{44}{28}$$

Donde:

- $N_2O_{D(mm)}$ = emisiones directas de N₂O de la gestión del estiércol del país, kg N₂O año⁻¹
- $N_{(T)}$ = la cantidad de cabezas de la especie/categoría de ganado T del país
- $Nex_{(T)}$ = promedio anual de excreción de N por cabeza de la especie/categoría T en el país, kg N animal⁻¹ año⁻¹
- $MS_{(T,S)}$ = fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie/categoría de ganado T que se gestiona en el sistema de gestión del estiércol S en el país, sin dimensión
- $EF_{3(S)}$ = factor de emisión para emisiones directas de N₂O del sistema de gestión del estiércol S en el país, kg N₂O-N/kg N en el sistema de gestión del estiércol S
- S = sistema de gestión del estiércol
- T = especie/categoría de ganado
- 44/28 = conversión de emisiones de (N₂O-N)_(mm) a emisiones de N₂O_(mm)

ECUACIÓN 10.26**PÉRDIDAS DE N DEBIDAS A LA VOLATILIZACIÓN DE LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL**

$$N_{\text{volatilización-MMS}} = \sum_S \left[\sum_T \left[\left(N_{(T)} \cdot Nex_{(T)} \cdot MS_{(T,S)} \right) \cdot \left(\frac{Frac_{GasMS}}{100} \right)_{(T,S)} \right] \right]$$

Donde:

$N_{\text{volatilización-MMS}}$ = cantidad de nitrógeno del estiércol que se pierde debido a la volatilización de NH_3 y NO_x , kg N año^{-1}

$N_{(T)}$ = cantidad de cabezas de la especie/categoría de ganado T del país

$Nex_{(T)}$ = promedio anual de excreción de N por cabeza de la especie/categoría T en el país, $\text{kg N animal}^{-1} \text{ año}^{-1}$

$MS_{(T,S)}$ = fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie/categoría de ganado T que se gestiona en el sistema de gestión del estiércol S en el país, sin dimensión

$Frac_{GasMS}$ = porcentaje de nitrógeno del estiércol gestionado para la categoría de ganado T que se volatiliza como NH_3 y NO_x en el sistema de gestión del estiércol S , %

ECUACIÓN 10.27**EMISIONES INDIRECTAS DE N_2O DEBIDAS A VOLATILIZACIÓN DE N DE LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL**

$$N_2O_{G(mm)} = (N_{\text{volatilización-MMS}} \cdot EF_4) \cdot \frac{44}{28}$$

Donde:

$N_2O_{G(mm)}$ = emisiones indirectas de N_2O debidas a la volatilización de N de la gestión del estiércol del país, $\text{kg N}_2\text{O año}^{-1}$

EF_4 = factor de emisión para emisiones de N_2O resultantes de la deposición atmosférica de nitrógeno en la superficie del suelo o del agua, $\text{kg N}_2\text{O-N (kg NH}_3\text{-N + NO}_x\text{-N volatilizado)}^{-1}$; el valor por defecto es $0,01 \text{ kg N}_2\text{O-N (kg NH}_3\text{-N + NO}_x\text{-N volatilizado)}^{-1}$, dado en el Capítulo 11, Cuadro 11.3.

ECUACIÓN 10.28**PÉRDIDAS DE N DEBIDAS A LIXIVIACIÓN DE SISTEMAS DE GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL**

$$N_{\text{lixiviación-MMS}} = \sum_S \left[\sum_T \left[\left(N_{(T)} \cdot Nex_{(T)} \cdot MS_{(T,S)} \right) \cdot \left(\frac{Frac_{lixiviaciónMS}}{100} \right)_{(T,S)} \right] \right]$$

Donde:

$N_{\text{lixiviación-MMS}}$ = cantidad de nitrógeno del estiércol que lixivia de los sistemas de gestión del estiércol, kg N año^{-1}

$N_{(T)}$ = cantidad de cabezas de la especie/categoría de ganado T del país

$Nex_{(T)}$ = promedio anual de excreción de N por cabeza de la especie/categoría T en el país, $\text{kg N animal}^{-1} \text{ año}^{-1}$

$MS_{(T,S)}$ = fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie/categoría de ganado T que se gestiona en el sistema de gestión del estiércol S en el país, sin dimensión

$Frac_{\text{lixiviaciónMS}}$ = porcentaje de pérdidas de nitrógeno del estiércol gestionado de la categoría T debido a escurrimiento y lixiviación durante el almacenamiento sólido y líquido del estiércol (rango típico: 1-20%).

ECUACIÓN 10.29**EMISIONES INDIRECTAS DE N₂O DEBIDAS A LIXIVIACIÓN DE LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL**

$$N_{2O_{L(mm)}} = (N_{\text{lixiviación}} - MMS) \cdot EF_5 \cdot \frac{44}{28}$$

Donde:

$N_{2O_{L(mm)}}$ = emisiones indirectas de N₂O debidas a lixiviación y escurrimiento de la gestión del estiércol del país, kg N₂O año⁻¹

EF_5 = factor de emisión para emisiones de N₂O por lixiviación y escurrimiento de nitrógeno, kg N₂O-N/kg N lixiviado y escurrido (valor por defecto 0,0075 kg N₂O-N (kg N lixiviado/escurrido)⁻¹, dado en el Capítulo 11, Cuadro 11.3.

ECUACIÓN 10.30**TASAS DE EXCRECIÓN ANUAL DE N**

$$N_{ex(T)} = N_{\text{índice}(T)} \cdot \frac{TAM}{1000} \cdot 365$$

Donde:

$N_{ex(T)}$ = excreción anual de N para la categoría de ganado T , kg N animal⁻¹ año⁻¹

$N_{\text{índice}(T)}$ = tasa de excreción de N por defecto, kg N (1 000 kg masa animal)⁻¹ día⁻¹ (véase el Cuadro 10.19)

$TAM_{(T)}$ = masa animal típica para la categoría de ganado T , kg animal⁻¹

ECUACIÓN 10.31**TASAS DE EXCRECIÓN ANUAL DE N (NIVEL 2)**

$$N_{ex(T)} = N_{\text{ingesta}(T)} \cdot (1 - N_{\text{retención}(T)})$$

Donde:

$N_{ex(T)}$ = tasa de excreción anual de N, kg N animal⁻¹ año⁻¹

$N_{\text{ingesta}(T)}$ = ingesta anual de N por cabeza de la especie/categoría animal T , kg N animal⁻¹ año⁻¹

$N_{\text{retención}(T)}$ = fracción de la ingesta anual de N retenida por el animal de la especie/categoría T , sin dimensión

ECUACIÓN 10.32**TASAS DE INGESTA DE N PARA VACUNOS**

$$N_{\text{ingesta}(T)} = \frac{GE}{18,45} \cdot \left(\frac{CP\%}{100} \cdot \frac{100}{6,25} \right)$$

Donde:

$N_{\text{ingesta}(T)}$ = N consumido diariamente por animal de la categoría T , kg N animal⁻¹ día⁻¹

GE = ingesta de energía bruta del animal, en modelo entérico, basada en energía digerible, producción de leche, preñez, peso actual, peso maduro, tasa de aumento de peso, y constantes del IPCC, MJ animal⁻¹ día⁻¹.

18.45 = fracción de conversión para GE dietaria por kg de materia seca, MJ kg⁻¹. Este valor es relativamente constante para toda una amplia gama de alimentos de forraje y basados en granos que consume habitualmente el ganado.

$CP\%$ = porcentaje de proteína cruda de la dieta, aporte

6.25 $N)^{-1}$ = conversión de kg de proteína de la dieta a kg de N de la dieta, kg proteína en el alimento (kg N)⁻¹

ECUACIÓN 10.33
TASAS DE N RETENIDO PARA VACUNOS

$$N_{\text{retención}(T)} = \left[\frac{\text{Leche} \cdot \left(\frac{\text{Leche PR}\%}{100} \right)}{6,38} \right] + \left[\frac{\text{WG} \cdot \left[268 - \left(\frac{7,03 \cdot \text{NE}_g}{\text{WG}} \right) \right]}{\frac{1\_000}{6,25}} \right]$$

Donde:

$N_{\text{retención}(T)}$ = N retenido diariamente por animal de la categoría T , kg N animal⁻¹ día⁻¹

Leche = producción de leche, kg animal⁻¹ día⁻¹ (sólo aplicable a vacas lecheras)

Leche PR% = porcentaje de proteína de la leche, calculado como $[1,9 + 0,4 \cdot \% \text{Grasa}]$, donde %Grasa es una entrada, supuesta como 4% (sólo aplicable a vacas lecheras)

6,38 = conversión de proteína de la leche a N de la leche, kg proteína (kg N)⁻¹

WG = aumento de peso, entrada para cada categoría de ganado, kg día⁻¹

268 y 7,03 = constantes de la Ecuación 3-8 del NRC (1996)

NE_g = energía neta para crecimiento, calculada en la caracterización del ganado sobre la base del peso actual, el peso maduro, la tasa de aumento de peso y las constantes del IPCC, MJ día⁻¹

1_000 = conversión de gramos por kilo, g kg⁻¹

6,25 = conversión de kg de proteína de la dieta a kg de N de la dieta, kg proteína (kg N)⁻¹

ECUACIÓN 10.34
N DE ESTIÉRCOL GESTIONADO DISPONIBLE PARA APLICACIÓN EN SUELOS GESTIONADOS, COMO ALIMENTO, COMBUSTIBLE O EN LA CONSTRUCCIÓN

$$N_{\text{MMS\_Avb}} = \sum_S \left\{ \sum_{(T)} \left[\frac{(N_{(T)} \cdot \text{Nex}_{(T)} \cdot \text{MS}_{(T,S)}) \cdot \left(1 - \frac{\text{Frac}_{\text{PérdidaMS}}}{100} \right)}{[N_{(T)} \cdot \text{MS}_{(T,S)} \cdot N_{\text{camaMS}}]} \right] + \right\}$$

Donde:

$N_{\text{MMS\_Avb}}$ = cantidad de nitrógeno de estiércol gestionado disponible para su aplicación en suelos gestionados o para alimento, combustible o para la construcción, kg N año⁻¹

$N_{(T)}$ = cantidad de cabezas de la especie/categoría de ganado T del país

$\text{Nex}_{(T)}$ = promedio anual de excreción de N por animal de la especie/categoría T en el país, kg N animal⁻¹ año⁻¹

$\text{MS}_{(T,S)}$ = fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie/categoría de ganado T que se gestiona en el sistema de gestión del estiércol S en el país, sin dimensión

$\text{Frac}_{\text{PérdidaMS}}$ = cantidad de nitrógeno del estiércol gestionado para la categoría de ganado T que se pierde en el sistema de gestión del estiércol S , % (véase el Cuadro 10.23)

N_{camaMS} = cantidad de nitrógeno de las camas (a aplicar para almacenamiento de sólidos y MMS de cama profunda si se utiliza una cama orgánica conocida), kg N animal⁻¹ año⁻¹

S = sistema de gestión del estiércol

T = especie/categoría de ganado

I. ECUACIONES REFERIDAS A EMISIONES DE N₂O Y A OTRAS EMISIONES DE CO₂ DE SUELOS GESTIONADOS

ECUACIÓN 11.1

EMISIONES DIRECTAS DE N₂O DE SUELOS GESTIONADOS (NIVEL 1)

$$N_2O_{Directa-N} = N_2O-N_{N\text{ aportes}} + N_2O-N_{OS} + N_2O-N_{PRP}$$

Donde:

$$N_2O-N_{N\text{ aportes}} = \left[\left[(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM}) \cdot EF_1 \right] + \left[(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM})_{FR} \cdot EF_{1FR} \right] \right]$$

$$N_2O-N_{OS} = \left[\left(F_{OS,CG,Temp} \cdot EF_{2CG,Temp} \right) + \left(F_{OS,CG,Trop} \cdot EF_{2CG,Trop} \right) + \left(F_{OS,F,Temp,NR} \cdot EF_{2F,Temp,NR} \right) + \left(F_{OS,F,Temp,NP} \cdot EF_{2F,Temp,NP} \right) + \left(F_{OS,F,Trop} \cdot EF_{2F,Trop} \right) \right]$$

$$N_2O-N_{PRP} = \left[(F_{PRP,CPP} \cdot EF_{3PRP,CPP}) + (F_{PRP,SO} \cdot EF_{3PRP,SO}) \right]$$

Donde:

$N_2O_{Directa-N}$ = emisiones directas anuales de N₂O-N de suelos gestionados, kg N₂O-N año⁻¹

$N_2O-N_{N\text{ aportes}}$
N₂O-N año⁻¹ = emisiones directas anuales de N₂O-N de aportes de N a suelos gestionados, kg N₂O-N año⁻¹

N_2O-N_{OS}
año⁻¹ = emisiones directas anuales de N₂O-N de suelos orgánicos gestionados, kg N₂O-N año⁻¹

N_2O-N_{PRP} = emisiones directas anuales de N₂O-N de aportes de orina y estiércol a tierras de pastoreo, kg N₂O-N año⁻¹

F_{SN} = cantidad anual de N aplicado a los suelos en forma de fertilizante sintético, kg N año⁻¹

F_{ON} = cantidad anual de estiércol animal, *compost*, lodos cloacales y otros aportes de N aplicada a los suelos (Nota: Si se incluyen los barros cloacales, realizar una verificación cruzada con el Sector Desechos para asegurarse de que no hay cómputo doble de las emisiones de N₂O del N contenido en los barros cloacales), kg N año⁻¹

F_{CR} = cantidad anual de N en los residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluyendo los cultivos fijadores de N y de la renovación de forraje/pastura, devueltos a los suelos, kg N año⁻¹

F_{SOM} = cantidad anual de N en suelos minerales que se mineraliza, relacionada con la pérdida de C del suelo de la materia orgánica del suelo como resultado de cambios en el uso o la gestión de la tierra, kg N año⁻¹

F_{OS} = superficie anual de suelos orgánicos gestionados/drenados, há (Nota: los subíndices CG, F, Temp, Trop, NR y NP se refieren a Tierras de cultivo y Pastizales, Tierras forestales, Templadas, Tropicales, Ricas en nutrientes y Pobres en nutrientes, respectivamente).

F_{PRP} = cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada por los animales en pastoreo sobre las pasturas, prados y praderas, kg N año⁻¹ (Nota: los subíndices CPP y SO se refieren a Vacunos, Aves de corral y Porcinos, y a Ovinos y Otros animales, respectivamente).

EF_1 = factor de emisión para emisiones de N₂O de aportes de N, kg N₂O-N (kg aporte de N)⁻¹ (Cuadro 11.1)

EF_{1FR} = factor de emisión para emisiones de N₂O de aportes de N a arroz inundado, kg N₂O-N (kg aporte de N)⁻¹ (Cuadro 11.1)

EF_2 = factor de emisión para emisiones de N_2O de suelos orgánicos drenados/gestionados, $kg\ N_2O-N\ ha^{-1}\ año^{-1}$ (Cuadro 11.1) (Nota: los subíndices CG, F, Temp, Trop, NR y NP se refieren a Tierras de cultivo y Pastizales, Tierras forestales, Templadas, Tropicales, Ricas en nutrientes y Pobres en nutrientes, respectivamente).

EF_{3PRP} = factor de emisión para emisiones de N_2O del N de la orina y el estiércol depositado en pasturas, prados y praderas por animales en pastoreo, $kg\ N_2O-N\ (kg\ aporte\ de\ N)^{-1}$; (Cuadro 11.1) (Nota: los subíndices CPP y SO se refieren a Vacunos, Aves de corral y Porcinos, y a Ovinos y Otros animales, respectivamente).

ECUACIÓN 11.2

EMISIONES DIRECTAS DE N_2O DE SUELOS GESTIONADOS (NIVEL 2)

$$N_2O_{Directas}-N = \sum_i (F_{SN} + F_{ON})_i \bullet EF_{1i} + (F_{CR} + F_{SOM}) \bullet EF_1 + N_2O-N_{OS} + N_2O-N_{PR}$$

Donde:

EF_{1i} = factores de emisión desarrollados para emisiones de N_2O de la aplicación de fertilizantes sintéticos y N orgánico bajo condiciones i ($kg\ N_2O-N\ (kg\ aporte\ de\ N)^{-1}$); $i = 1, \dots, n$.

ECUACIÓN 11.3

N DE AGREGADOS DE N ORGÁNICO APLICADOS A LOS SUELOS (NIVEL 1)

$$F_{ON} = F_{AM} + F_{SEW} + F_{COMP} + F_{OOA}$$

Donde:

F_{ON} = cantidad total anual de fertilizante de N orgánico aplicado a los suelos, a excepción del de animales en pastoreo, $kg\ N\ año^{-1}$

F_{AM} = cantidad anual de N de estiércol animal aplicada a los suelos, $kg\ N\ año^{-1}$

F_{SEW} = cantidad anual de N total de barros cloacales (coordinar con el Sector Desechos para asegurarse de que no haya cómputo doble de N) que se aplica a los suelos, $kg\ N\ año^{-1}$

F_{COMP} = cantidad anual del total de N de *compost* aplicada a los suelos (asegurarse de que no haya cómputo doble del N de estiércol del *compost*), $kg\ N\ año^{-1}$

F_{OOA} = cantidad anual de otros abonos orgánicos utilizados como fertilizantes (p. ej., desechos, guano, residuos de la fabricación de cerveza, etc.), $kg\ N\ año^{-1}$

ECUACIÓN 11.4

N DE ESTIÉRCOL ANIMAL APLICADO A LOS SUELOS (NIVEL 1)

$$F_{AM} = N_{MMS\ Avb} \bullet \left[1 - (Frac_{ALIM} + Frac_{COMBUST} + Frac_{CNST}) \right]$$

Donde:

F_{AM} = cantidad anual de N de estiércol animal aplicada a los suelos, $kg\ N\ año^{-1}$

$N_{MMS\ Avb}$ = cantidad de N del estiércol gestionado disponible para aplicación al suelo y para uso como alimento, combustible o en la construcción, $kg\ N\ año^{-1}$ (véase la Ecuación 10.34 del Capítulo 10)

$Frac_{ALIM}$ = fracción del estiércol gestionado utilizada para alimento

$Frac_{COMBUST}$ = fracción del estiércol gestionado utilizada para combustible

$Frac_{CNST}$ = fracción del estiércol gestionado utilizada para la construcción

ECUACIÓN 11.5**N DE LA ORINA Y EL ESTIÉRCOL DEPOSITADO POR ANIMALES DE PASTOREO EN PASTURAS, PRADOS Y PRADERAS (NIVEL 1)**

$$F_{PRP} = \sum_T \left[N_{(T)} \bullet Nex_{(T)} \bullet MS_{(T,PRP)} \right]$$

Donde:

F_{PRP} = cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositado en pasturas, prados y praderas por animales en pastoreo, kg N año⁻¹

$N_{(T)}$ = cantidad de cabezas de ganado de la especie/categoría T del país (véase el Capítulo 10, Sección 10.2)

$Nex_{(T)}$ = promedio anual de excreción de N por cabeza de la especie/categoría T en el país, kg N animal⁻¹ año⁻¹ (véase el Capítulo 10, Sección 10.5).

$MS_{(T,PRP)}$ = fracción del total de la excreción anual de N de cada especie/categoría de ganado T que se deposita en pasturas, prados y praderas (véase el Capítulo 10, Sección 10.5)

ECUACIÓN 11.6**N DE RESIDUOS AGRÍCOLAS Y RENOVACIÓN DE FORRAJE/PASTURAS (NIVEL 1)**

$$F_{CR} = \sum_T \left\{ Cultivo_{(T)} \bullet \left(Superf_{(T)} - Superf_{quemada_{(T)}} \bullet C_f \right) \bullet Frac_{Renov_{(T)}} \bullet \left[R_{AG(T)} \bullet N_{AG(T)} \bullet (1 - Frac_{Remoc(T)}) + R_{BG(T)} \bullet N_{BG(T)} \right] \right\}$$

Donde:

F_{CR} = cantidad anual de N en los residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluyendo los cultivos fijadores de N y de la renovación de forraje/pastura, devueltos a los suelos, kg N año⁻¹

$Cultivo_{(T)}$ = rendimiento anual de materia seca cosechada para el cultivo T , kg d.m. há⁻¹

$Superf_{(T)}$ = total de superficie anual de cosecha del cultivo T , há año⁻¹

$Superf_{quemada_{(T)}}$ = superficie anual del cultivo T quemada, há año⁻¹

C_f = factor de combustión (sin dimensión) (véase el Capítulo 2, Cuadro 2.6)

$Frac_{Renov_{(T)}}$ = fracción de la superficie total dedicada al cultivo T que se renueva anualmente. Para países en los que las pasturas se renuevan, en promedio, cada X años, $Frac_{Renov} = 1/X$. Para cultivos anuales, $Frac_{Renov} = 1$

$R_{AG(T)}$ = relación entre la materia seca de los residuos aéreos ($AG_{DM(T)}$) y el rendimiento de cosecha del cultivo T ($Cultivo_{(T)}$), kg d.m. (kg d.m.)⁻¹,

= $AG_{DM(T)} \bullet 1\,000 / Cultivo_{(T)}$ (calculando $AG_{DM(T)}$ a partir de la información del Cuadro 11.2)

$N_{AG(T)}$ = contenido de N de los residuos aéreos del cultivo T , kg N (kg d.m.)⁻¹, (Cuadro 11.2)

$Frac_{Remoc(T)}$ = fracción de los residuos aéreos del cultivo T que se extraen anualmente, como los destinados a alimentos, camas y construcción, kg N (kg cultivo-N)⁻¹. Se requiere un sondeo a cargo de expertos del país para obtener los datos. Si no se dispone de datos respecto a $Frac_{Remoc}$, se supone que no hay remoción.

$R_{BG(T)}$ = relación entre residuos subterráneos y rendimiento de cosecha del cultivo T , kg d.m. (kg d.m.)⁻¹. Si no se dispone de datos alternativos, $R_{BG(T)}$ puede calcularse multiplicando R_{BG-BIO} del Cuadro 11.2 por la relación entre el total de biomasa aérea y el rendimiento del cultivo (= $[(AG_{DM(T)} \bullet 1000 + Cultivo_{(T)}) / Cultivo_{(T)}]$, (también calculando $AG_{DM(T)}$ a partir de la información del Cuadro 11.2).

$N_{BG(T)}$ = contenido de N de los residuos subterráneos del cultivo T , kg N (kg d.m.)⁻¹, (Cuadro 11.2)

T tipo de cultivo o forraje

ECUACIÓN 11.7
CORRECCIÓN DE PESO EN SECO DE LOS RENDIMIENTOS DE COSECHA DECLARADOS

$$Cultivo_{(T)} = Rendim Fresco_{(T)} \bullet SECO$$

Donde:

Crop_(T) = rendimiento de materia seca cosechada para el cultivo *T*, kg d.m. há⁻¹

Rendim_Fresco_(T) = rendimiento en fresco cosechado para el cultivo *T*, kg peso fresco há⁻¹

SECO = fracción de materia seca del cultivo cosechado *T*, kg d.m. (kg peso fresco)⁻¹

ECUACIÓN 11.7A
MÉTODO ALTERNATIVO PARA ESTIMAR F_{CR} (USANDO EL CUADRO 11.2)

$$F_{CR} = \sum_T \left\{ AG_{DM(T)} \bullet (Superf_{(T)} - Superf quemada_{(T)} \bullet CF) \bullet Frac_{Renov(T)} \bullet \left[N_{AG(T)} \bullet (1 - Frac_{Remoc(T)}) + R_{BG-BIO(T)} \bullet N_{BG(T)} \right] \right\}$$

Donde:

F_{CR} = cantidad anual de N en los residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluyendo los cultivos fijadores de N y de la renovación de forraje/pastura, devueltos a los suelos, kg N año⁻¹

ECUACIÓN 11.8
N MINERALIZADO EN SUELOS MINERALES DEBIDO A PÉRDIDA DE C DEL SUELO POR CAMBIOS EN EL USO O LA GESTIÓN DEL SUELO (NIVELES 1 Y 2)

$$F_{SOM} = \sum_{LU} \left[\left(\Delta C_{Minerales, LU} \bullet \frac{1}{R} \right) \bullet 1000 \right]$$

Donde:

F_{SOM} = la cantidad neta anual de N mineralizado en suelos minerales debido a la pérdida de carbono del suelo por cambios en el uso o la gestión de la tierra, Kg N

ΔC_{Minerales, LU} = pérdida promedio anual de carbono del suelo para cada tipo de uso de la tierra (*LU*), ton C (Nota: para el Nivel 1, el ΔC_{minerales, LU} tendrá un único valor para todos los usos de la tierra y sistemas de gestión. Empleando el Nivel 2, el valor de ΔC_{Minerales, LU} se desagrega para los distintos usos de la tierra y/o sistemas de gestión.

R = relación C:N de la materia orgánica del suelo. Puede usarse un valor por defecto de 15 (rango de incertidumbre entre 10 y 30) para la relación C:N (*R*) para situaciones que impliquen cambios en el uso de la tierra de tierras forestales o pastizales a tierras de cultivo, en ausencia de datos más específicos de la zona. Puede usarse un valor por defecto de 10 (rango entre 8 y 15) para situaciones que impliquen cambios en la gestión en *tierras de cultivo que permanecen como tales*. La relación C:N puede cambiar a través del tiempo, con los usos de la tierra o las prácticas de gestión. Si los países pueden documentar los cambios en la relación C:N, entonces pueden utilizarse diferentes valores según la serie temporal, el uso de la tierra y la práctica de gestión.

LU = tipo de uso y/o sistema de gestión de la tierra.

ECUACIÓN 11.9
N₂O PRODUCIDO POR DEPOSICIÓN ATMOSFÉRICA DE N VOLATILIZADO DE SUELOS GESTIONADOS (NIVEL 1)

$$N_2O_{(ATD)} - N = [(F_{SN} \bullet Frac_{GASF}) + ((F_{ON} + F_{PRP}) \bullet Frac_{GASM})] \bullet EF_4$$

Donde:

$N_2O_{(ATD)}-N$ = cantidad anual de N_2O-N producida por deposición atmosférica de N volatilizado de suelos gestionados, kg N_2O-N año⁻¹

F_{SN} = cantidad anual de N aplicado a los suelos en forma de fertilizante sintético, kg N año⁻¹

$Frac_{GASF}$ = fracción de N de fertilizantes sintéticos que se volatiliza como NH_3 y NO_x , kg N volatilizado (kg de N aplicado)⁻¹ (Cuadro 11.3)

F_{ON} = cantidad anual de estiércol animal gestionado, *compost*, lodos cloacales y otros agregados de N orgánico aplicada a los suelos, kg N yr⁻¹

F_{PRP} = cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositado por animales de pastoreo en pasturas, prados y praderas, kg N año⁻¹

$Frac_{GASM}$ = fracción de materiales fertilizantes de N orgánico (F_{ON}) y de N de orina y estiércol depositada por animales de pastoreo (F_{PRP}) que se volatiliza como NH_3 y NO_x , kg N volatilizado (kg de N aplicado o depositado)⁻¹ (Cuadro 11.3)

EF_4 = factor de emisión correspondiente a las emisiones de N_2O de la deposición atmosférica de N en los suelos y en las superficies del agua [kg N- N_2O (kg NH_3-N + NO_x-N volatilizado)⁻¹] (Cuadro 11.3)

ECUACIÓN 11.10

EMISIONES DE N_2O POR LIXIVIACIÓN/ESCURRIMIENTO DE SUELOS GESTIONADOS EN REGIONES DONDE SE PRODUCEN ESTOS FENÓMENOS (NIVEL 1)

$$N_2O_{(L)}-N = (F_{SN} + F_{ON} + F_{PRP} + F_{CR} + F_{SOM}) \bullet Frac_{LIXIVIACIÓN-(H)} \bullet EF_5$$

Donde:

$N_2O_{(L)}-N$ = cantidad anual de N_2O-N producida por lixiviación y escurrimiento de agregados de N a suelos gestionados en regiones donde se producen estos fenómenos, kg N_2O-N año⁻¹

F_{SN} = cantidad anual de N de fertilizantes sintéticos aplicada a los suelos en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N año⁻¹

F_{ON} = cantidad anual de estiércol animal gestionado, *compost*, lodos cloacales y otros agregados de N orgánico aplicada a los suelos en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N año⁻¹

F_{PRP} = cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada por los animales en pastoreo en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N año⁻¹ (de la Ecuación 11.5)

F_{CR} = cantidad de N en los residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluyendo los cultivos fijadores de N y de la renovación de forraje/pastura, devueltos a los suelos anualmente en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N año⁻¹

F_{SOM} = cantidad anual de N mineralizado en suelos minerales relacionada con la pérdida de C del suelo de la materia orgánica del suelo como resultado de cambios en el uso o la gestión de la tierra en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N yr⁻¹ (de la Ecuación 11.8)

$Frac_{LIXIVIACIÓN-(H)}$ = fracción de todo el N agregado a/mineralizado en suelos gestionados en regiones donde se produce lixiviación/escurrimiento, kg N (kg de agregados de N)⁻¹ (Cuadro 11.3)

EF_5 = factor de emisión para emisiones de N_2O por lixiviación y escurrimiento, kg N_2O-N (kg N por lixiviación y escurrido)⁻¹ (Cuadro 11.3)

ECUACIÓN 11.11

N_2O PRODUCIDO POR DEPOSICIÓN ATMOSFÉRICA DE N VOLATILIZADO DE SUELOS GESTIONADOS (NIVEL 2)

$$N_2O_{(ATD)}-N = \left\{ \sum_i (F_{SN_i} \bullet Frac_{GASF_i}) + [(F_{ON} + F_{PRP}) \bullet Frac_{GASM}] \right\} \bullet EF_4$$

Donde:

$N_2O_{(ATD)}-N$ = cantidad anual de N_2O-N producida por deposición atmosférica de N volatilizado de suelos gestionados, kg N_2O-N año⁻¹

F_{SN} = cantidad anual de N de fertilizante sintético aplicada a los suelos bajo diferentes condiciones i , kg N año⁻¹

$Frac_{GASF_i}$ = fracción de N de fertilizantes sintéticos que se volatiliza como NH₃ y NO_x bajo diferentes condiciones i , kg N volatilizado (kg de N aplicado)⁻¹

F_{ON} = cantidad anual de estiércol animal gestionado, *compost*, lodos cloacales y otros agregados de N orgánico aplicada a los suelos, kg N yr⁻¹

F_{PRP} = cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada por animales de pastoreo en pasturas, prados y praderas, kg N año⁻¹

$Frac_{GASM}$ = fracción de materiales fertilizantes de N orgánico (F_{ON}) y de N de orina y estiércol depositada por animales de pastoreo (F_{PRP}) que se volatiliza como NH₃ y NO_x, kg N volatilizado (kg de N aplicado o depositado)⁻¹ (Cuadro 11.3)

EF_4 = factor de emisión correspondiente a las emisiones de N₂O de la deposición atmosférica de N en los suelos y en las superficies del agua [kg N–N₂O (kg NH₃–N + NO_x–N volatilizado)⁻¹] (Cuadro 11.3)

ECUACIÓN 11.12

EMISIONES ANUALES DE CO₂ POR APLICACIÓN DE CAL

$$CO_2-C \text{ Emisión} = (M_{Caliza} \bullet EF_{Caliza}) + (M_{Dolomita} \bullet EF_{Dolomita})$$

Donde:

Emisión de CO₂–C = emisiones anuales de C por aplicación de cal, ton C año⁻¹

M = cantidad anual de piedra caliza cálcica (CaCO₃) o dolomita (CaMg(CO₃)₂), ton año⁻¹

EF = factor de emisión, ton de C (ton de piedra caliza o dolomita)⁻¹

ECUACIÓN 11.13

EMISIONES ANUALES DE CO₂ POR APLICACIÓN DE UREA

$$CO_2-C \text{ Emisión} = M \bullet EF$$

Donde:

CO₂–C Emisión = emisiones anuales de C por aplicación de urea, ton C año⁻¹

M = cantidad anual de fertilización con urea, ton urea año⁻¹

EF = factor de emisión, ton de C (ton de urea)⁻¹

J. ECUACIONES RELACIONADAS CON PRODUCTOS DE MADERA RECOLECTADA

ECUACIÓN 12.1

ESTIMACIÓN DE LAS EXISTENCIAS DE CARBONO Y SUS CAMBIOS ANUALES EN LOS DEPÓSITOS DE PMR DEL PAÍS DECLARANTE

Comenzando con $i = 1900$ y continuando hasta el año actual, calcular:

$$(A) \quad C(i+1) = e^{-k} \bullet C(i) + \left[\frac{(1 - e^{-k})}{k} \right] \bullet \text{Flujo} - \text{entrada}(i) \text{ con } C(1900) = 0,0$$

$$(B) \quad \Delta C(i) = C(i+1) - C(i)$$

Nota: Para una explicación de la técnica empleada en las Ecuaciones 12.1A para estimar la descomposición de primer orden véase Pingoud y Wagner (2006).

Donde:

i = año

$C(i)$ = las existencias de carbono del depósito de PMR en el año de inicio i , Gg C

k = constante de descomposición de primer orden indicada en unidades, año^{-1} ($k = \ln(2) / \text{HL}$, donde HL es la vida media del depósito de PMR en años. La media vida es la cantidad de años que transcurren hasta que se pierde la mitad del material que se halla actualmente en el depósito).

Flujo-entrada(i) = es el flujo de entrada al depósito de PMR durante el año i , Gg C año^{-1}

$\Delta C(i)$ = cambio en las existencias de carbono del depósito de PMR durante el año i , Gg C año^{-1}

ECUACIÓN 12.2
ESTIMACIÓN DE LOS PRODUCTOS DE PMR QUE SE PRODUCEN ANUALMENTE A PARTIR DEL CONSUMO NACIONAL

$$\text{Flujo} - \text{entrada}_{DC} = P + SFP_{IM} - SFP_{EX}$$

Donde:

Flujo-entrada_{DC} = carbono en el consumo anual de madera maciza o productos de papel procedentes de madera recolectada en el país declarante (es decir, de cosecha local), Gg C año^{-1}

P = carbono de la producción anual de productos de madera maciza o papel en el país declarante, Gg C año^{-1}

SFP_{IM} y SFP_{EX} = importaciones y exportaciones de productos de papel y madera semi-elaborados. En el caso de la madera maciza, incluye la madera aserrada, los paneles y otros rollizos industriales. En el caso de los productos de papel, incluye el papel y el cartón, Gg C año^{-1}

ECUACIÓN 12.3
ESTIMACIÓN DE LOS PRODUCTOS DE PMR QUE SE PRODUCEN ANUALMENTE A PARTIR DE LA RECOLECCIÓN NACIONAL

$$\text{Flujo} - \text{entrada}_{DH} = P \cdot \left[\frac{IRW_H}{IRW_H + IRW_{IM} - IRW_{EX} + WCH_{IM} - WCH_{EX} + WR_{IM} - WR_{EX}} \right]$$

Donde:

Flujo-entrada_{DH} = carbono en la producción anual de productos de madera maciza o papel provenientes de la madera recolectada en el país declarante (es decir, de la cosecha nacional), Gg C año^{-1}

P = carbono en la producción anual de productos de madera maciza o papel en el país declarante, Gg C año^{-1} . Nótese que la elaboración de productos de papel incluye la fibra de la madera y excluye la no fibra. Se muestra una ecuación para estimar la fibra de madera de la elaboración de productos de papel en la Nota 1 del Cuadro 12.5.

IRW_H = recolección de rollizos industriales en el país declarante. Se trata de la recolección de madera para elaborar productos de madera maciza y papel, incluso la IRW, para exportación. [La variable de la FAO se denomina Producción de RW industrial], Gg C año^{-1}

IRW_{IM} , IRW_{EX} = importaciones y exportaciones de rollizos industriales, respectivamente, Gg C año^{-1}

WCH_{IM} , WCH_{EX} = importaciones y exportaciones de astillas de madera, respectivamente, Gg C año^{-1}

WR_{IM} , WR_{EX} = residuos de madera de las importaciones y exportaciones de aserraderos, respectivamente Gg C año^{-1}

ECUACIÓN 12.4**ESTIMACIÓN DEL CAMBIO ANUAL EN EL CARBONO EN LOS PMR DE LOS SEDS NACIONALES
DONDE LOS PMR PROVIENEN DE LA RECOLECCIÓN NACIONAL**

$$\Delta C_{PMR SEDS_{DH}} = \Delta C_{PMR SEDS_{DC}} \cdot \left[1 - \left(\frac{Mat. madera import}{Mat. madera produc + Mat. madera import} \right) \right]$$

$$Material\ madera\ importado = \left[\frac{IRW_{IM} + WCH_{IM} + WR_{IM} + AserradaW_{IM} + WPan_{IM}}{P\&PB_{IM} + WPulpa\&PapRec_{IM}} \right]$$

$$Mat. madera produc = IRW_H$$

Donde:

$\Delta C_{PMR SEDS_{DH}}$ = Variable 2B = cambio anual en el carbono en los PMR de los SEDS nacionales donde los PMR provienen de la recolección de madera nacional Gg C año⁻¹

$\Delta C_{PMR SEDS_{DC}}$ = Variable 1B = cambio anual en el carbono en los PMR de los SEDS del país declarante, Gg C año⁻¹

IRW_H y IRW_{IM} = recolección de rollizos industriales recopilados en el país declarante e importaciones de rollizos industriales, respectivamente, Gg C año⁻¹

WCH_{IM} = importaciones de astillas de madera, Gg C año⁻¹

WR_{IM} = residuos de madera de las importaciones de aserraderos, Gg C año⁻¹

$AserradaW_{IM}$ = importaciones de madera aserrada y, Gg C año⁻¹

$WPan_{IM}$ = importaciones de paneles de madera, Gg C año⁻¹

$P\&PB_{IM}$ = importaciones de papel y cartón, Gg C año⁻¹

$WPulpa\&PapRec_{IM}$ = importaciones de pulpa de madera y papel recuperado, Gg C año⁻¹

ECUACIÓN 12.5**ESTIMACIÓN DE LA LIBERACIÓN DE CARBONO MEDIANTE LAS VARIABLES DE PMR**

Para la liberación de carbono anual de las existencias de madera en el país declarante

$$(A) \quad \uparrow C_{PMR DC} = H + P_{IM} - P_{EX} - \Delta C_{PMR IU DC} - \Delta C_{PMR SEDS DC}$$

Para la liberación de carbono anual de la madera recolectada en el país declarante

$$(B) \quad \uparrow C_{PMR DH} = H - \Delta C_{PMR IU DH} - \Delta C_{PMR SEDS DH}$$

ECUACIÓN 12.6**ECUACIÓN PARA ESTIMAR LAS VARIABLES DE PRODUCCIÓN, IMPORTACIONES O EXPORTACIONES DEL CUADRO 12.5 PARA LOS AÑOS ANTERIORES A 1961**

$$V_t = V_{1961} \cdot e^{[U \cdot (t-1961)]}$$

Donde:

V_t = producción anual, importaciones o exportaciones de un producto de madera maciza o de papel para el año t , Gg C año⁻¹

t = año

V_{1961} = producción anual, importaciones o exportaciones de un producto de madera maciza o de papel para el año 1961, Gg C año⁻¹

U índice continuo estimado de cambio en el consumo de rollizos industriales para la región que incluye el país declarante entre 1900 y 1961 (véase el Cuadro 12.3), año⁻¹

Apéndice 1 Absorción de CO₂ en productos residuales de la combustión (carbón vegetal): Base para su futuro desarrollo metodológico

Antecedentes

Los materiales carbonizados son el producto de la combustión incompleta de la vegetación y de los combustibles fósiles (Goldberg, 1985). La gama de productos de la combustión tales como el carboncillo, las cenizas, el hollín y el carbón vegetal se denominan genéricamente «carbono negro» (BC, del inglés *Black Carbon*). El BC es una mezcla heterogénea de residuos que poseen una composición química contrastante y, por lo tanto, una resistencia a una degradación biológica o química adicional. Aparecen juntos de manera ubicua en los suelos y en otros sedimentos terrestres, así como en los sedimentos marinos.

Una gran proporción (>80%) de los BC producidos por un incidente incendiario permanecen cerca del lugar donde se han formado. Se incorporan así a los suelos, donde pueden permanecer durante largos periodos. Sin embargo, los BC pueden ser transportados a través de vías fluviales y atmosféricas hacia los sedimentos marinos, la mayor parte de los cuales circula por los sistemas fluviales. Esto se traduce en que la mayoría de las partículas de BC que son transportadas hacia los océanos se depositen en las plataformas costeras mientras que una pequeña parte continúe su trayectoria hacia los sedimentos oceánicos más profundos. Otra fracción de las partículas de BC producidas se dispersa en la atmósfera. Una gran parte de estos componentes de BC poseen tiempos de residencia que pueden ser superiores a los 7 días y son transportados hacia los océanos, donde terminan por contribuir a la fracción de BC de los sedimentos oceánicos profundos, donde son muy estables.

Las concentraciones de BC en la atmósfera terrestre y en la biosfera han suscitado interés en las últimas décadas pues, bajo la forma de aerosoles, son poderosos absorbentes de la radiación solar. Pueden constituirse en un registro de los paleo-ambientes en los sedimentos y en los núcleos glaciales y pueden contribuir considerablemente al aporte de oxígeno hacia la atmósfera a través de las eras geológicas. El BC y, en particular el componente de carbón vegetal, es importante también porque representa una de las pocas vías por las cuales el carbono puede alcanzar un estado relativamente inerte, de modo tal que no pueda recombinarse fácilmente con el oxígeno para formar CO₂. Por lo tanto, hay un fuerte potencial de que el BC actúe como absorbente significativo (sumidero) de carbono desde el ciclo de carbono bio-atmosférico más rápido hacia el ciclo de carbono geológico más lento (a largo plazo) (p. ej., Graetz y Skjemstad, 2003; Schmidt, 2004; Druffel, 2004).

Papel del carbono negro en el balance mundial de carbono

En un estudio reciente sobre la formación y la persistencia del BC en los ecosistemas terrestres, Forbes *et al.* (2006) proporcionan una estimación revisada de la formación de BC a partir de los incendios de la vegetación y de la quema de combustibles fósiles, que se sitúa entre los 50 y los 270 T año⁻¹. Éste es un flujo muy grande de C que plantea una interrogante fundamental, a saber, si la tasa de formación anual de BC es superior o no a la cantidad de C liberada a partir del gran depósito de BC que se ha acumulado ya en los ecosistemas terrestres y marinos. Si bien en la actualidad no es posible responder definitivamente a esta pregunta, es importante continuar las investigaciones que permitan el futuro desarrollo de una metodología que dé cuenta del BC en los inventarios de gases de efecto invernadero, así como una mejor comprensión del papel que juega el BC en el balance mundial de carbono.

Forbes *et al.* (2006) identificaron también un conjunto importante de temas a abordar para posibilitar el desarrollo de una metodología fiable. Identificaron la necesidad de describir las tasas de formación de BC de una manera coherente y sugirieron que sean expresadas en términos de porcentaje de la cantidad del C consumido (CC) por el fuego. Hallaron que al expresarlas de esta manera (BC/CC), las tasas de formación de BC son <3 por ciento para los incendios de herbales y praderas y de un 4 a un 5 por ciento para los incendios forestales. Los autores llegan a la conclusión de que las estimaciones de la formación de BC basadas solamente en mediciones físicas son muy poco fiables (conducen a sobreestimaciones significativas) pues no permiten identificar ni cuantificar con exactitud los componentes de BC de los residuos post-incendios que contienen también una gama de materiales provenientes de una combustión parcial.

El BC está sometido a tasas lentas de degradación por procesos fotoquímicos y procesos microbianos en los suelos y en los sedimentos, pero el conocimiento sobre las tasas a largo plazo y los factores que las afectan es muy limitado. La investigación, como la de algunos estudios de incubación, ha mostrado que la degradación del BC a través de procesos biológicos es muy lenta. Otras pruebas sugieren también una degradación muy lenta del BC; el BC puede constituir hasta el 40 por ciento del carbono orgánico en los suelos terrestres y el 12 al 31 por ciento de los grandes depósitos de C en los sedimentos oceánicos profundos y posee edades de radiocarbono en los suelos que son superiores a los miles de años. En consecuencia, el BC parece tener una vida media significativa del orden de los miles de años y, por esto, es el material derivado de la biomasa más estable del

ciclo del C biosférico. Esta relativa inercia significa que la estimación de 3 a 5 por ciento de carbono convertido en BC durante los incendios de bosques, praderas y herbales, debe considerarse un componente significativo del ciclo de carbono mundial con un tiempo de rotación muy lento.

Conclusiones

Para poder evaluar mejor la influencia del BC en el ciclo mundial del carbono se necesita una mayor comprensión de las tasas de producción y degradación del BC para los ecosistemas que están expuestos a extensos incendios de la vegetación. Más aún, es necesario entender cómo evaluar el transporte fluvial y eólico del BC a la escala fina, así como comprender mejor las tasas de degradación del BC en los sedimentos terrestres y marinos. Esto permitirá desarrollar una metodología que dé cuenta del BC en los inventarios de gases de efecto invernadero y minimice las incertidumbres y discrepancias en relación con las estimaciones de los flujos de BC entre la atmósfera, la biosfera y los océanos. El resultado será un balance mundial de carbono negro más exacto y una comprensión mejorada del papel que juega el BC como sumidero potencial en el ciclo mundial del C.

Referencias

- Druffel, E.R.M. (2004). Comments on black carbon in the global carbon cycle. *Marine Chem.*; **92**:197-200.
- Forbes, M.S., Raison, R.J., and Skjemstad, J.O. (2006). Formation, transformation and transport of black carbon (charcoal) in terrestrial and aquatic ecosystems. *Journal of the Science of the Total Environment* (in press).
- Goldberg, E.D. (1985). Black Carbon in the Environment: Properties and Distribution. John Wiley and Sons, New York; 198 pp.
- Graetz, R.D. and Skjemstad, J.O. (2003). The charcoal sink of biomass burning on the Australian continent. CSIRO Atmospheric Research Technical Paper; no 64.
- Schmidt, M.W.I (2004). Carbon budget in the black. *Nature*; **427**:305-306.

Apéndice 2 Enfoque posible para estimar las emisiones de CO₂ provenientes de las tierras convertidas en tierras permanentemente inundadas: Base para su futuro desarrollo metodológico

El tiempo transcurrido desde que se ha producido una inundación ejerce una influencia significativa sobre los flujos de gases de efecto invernadero a partir de las tierras inundadas y también sobre la repartición de los gases. Estudios estadísticos recientes sobre los reservorios a escala mundial indican que hay un aumento abrupto de las emisiones inmediatamente después de una inundación, tras lo cual las emisiones disminuyen hasta un nivel relativamente estable (Tremblay *et al.*, 2005; Therrien *et al.*, 2005; Soumis *et al.*, 2005; y Huttunen *et al.*, 2002, 2003). La tasa de decrecimiento de las emisiones post-inundación puede depender de la región donde se ubica el reservorio, pero parece variar dentro de un período de 10 años (Delmas *et al.*, 2005; Abril *et al.*, 2005; Tremblay *et al.*, 2005).

Las pruebas sugieren que las emisiones de CO₂ para, aproximadamente, los primeros diez años posteriores a la inundación, son el resultado de la descomposición de una parte de la materia orgánica existente en las tierras antes de la inundación. El carbono fácilmente degradable y los nutrientes quedan a disposición de los organismos productores al momento de la inundación y son metabolizados. Más allá de este lapso, las emisiones de CO₂ se sostienen a través de la entrada de materia orgánica transferida desde la cuenca hidrográfica hacia la zona inundada (Houel, 2003; Hélie, 2004; Cole y Caraco, 2001). Para evitar el cómputo doble de las emisiones de CO₂ que pueden haber sido ya capturadas en el balance de gases de efecto invernadero de las tierras gestionadas de la cuenca hidrográfica y ante la ausencia de pruebas concluyentes sobre el impacto a largo plazo de la inundación sobre estas emisiones, la metodología por defecto considera sólo los 10 primeros años posteriores a la inundación.

Toda emisión provocada por la actividad de cambio en el uso de las tierras, por sí misma (p. ej., el despeje de las tierras debido a las emisiones de CO₂ o de no CO₂, ocurrido antes de la inundación), debe estimarse mediante las metodologías proporcionadas en otros lugares de este Volumen.

Antes de la inundación, las tierras pueden despejarse. El material orgánico puede quemarse o cosecharse (p. ej., para extraer madera). Las emisiones que resultan deben estimarse utilizando las metodologías apropiadas, proporcionadas en este Volumen, para estimar el cambio en las existencias de carbono anteriores a la inundación. Estas emisiones deben estimarse para el año en el que se producen.

Luego de la inundación y de cualquier despeje de tierras, las emisiones de dióxido de carbono provenientes de las *tierras convertidas en tierras inundadas*, pueden producirse a través de las vías siguientes:

- Emisiones difusoras debidas a la difusión molecular a través de la interfaz aire-agua; esta es la vía mayoritaria de emisiones de CO₂.
- Emisiones de burbujas, o emisiones de gas proveniente del sedimento a través de la columna de agua en forma de burbujas; ésta es una vía minoritaria de emisiones de CO₂.
- Emisiones de desgasificación o emisiones que son el resultado de un cambio repentino de la presión hidrostática, así como de la superficie creciente de intercambio aire/agua después de que el agua de los reservorios fluya a través de una turbina y/o una vía de desagüe (Duchemin, 2000; Hélie, 2004; Soumis *et al.*, 2004; y Delmas *et al.*, 2005).

En este apéndice se presenta una jerarquía de 3 métodos de sofisticación creciente llamados de Niveles 1, 2 y 3. Los Niveles 1 y 2 estiman solamente las emisiones difusoras. Un método de Nivel 3, que se basa en mediciones detalladas, incluye todos los flujos de emisiones de dióxido de carbono pertinentes que provienen de las tierras inundadas. El Nivel 3 incluye las emisiones de desgasificación y considera la edad, la ubicación geográfica y la temperatura del agua del reservorio. El método de Nivel 3 no se desarrolla más extensamente en este Apéndice, pero los países deben referirse al Recuadro 2a.1 sobre la derivación de los factores de emisión específicos del país como recurso para implementar el Nivel 3. Al utilizar el Nivel 3, todas las emisiones pertinentes procedentes de las tierras inundadas deben estimarse para el tiempo de vida útil del reservorio. El Cuadro 2a.1 es un resumen de la cobertura de los tres niveles en relación con las vías de emisión de CO₂.

RECUADRO 2A.1
DERIVACIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN ESPECÍFICOS DEL PAÍS

Los programas para derivar los factores de emisión específicos del país deben considerar cuidadosamente la superposición parcial posible con otros sectores y la atribución apropiada de las emisiones. Por ejemplo, las emisiones de N₂O procedentes, en última instancia, de las aplicaciones de fertilizantes o del tratamiento de las aguas servidas en la cuenca hidrográfica no deben declararse en la categoría Tierras inundadas.

Por lo general, para derivar los factores de emisión específicos del país es necesario efectuar mediciones reales de los flujos de gases de efecto invernadero a partir de la superficie de los reservorios. Deben desarrollarse factores de emisión por separado para los tipos predominantes de reservorios en el territorio nacional. Para minimizar el esfuerzo requerido, los reservorios deben clasificarse primero en categorías que tomen en cuenta los principales factores responsables de la variabilidad entre los reservorios, en particular la zona climática y el sustrato geológico (que afecta de manera considerable el pH). Los mapas y la estratificación ecológica nacional pueden ser útiles para realizar esta tarea.

Debe diseñarse una estrategia de medición para obtener los valores representativos de los flujos, dentro de cada categoría de reservorio, por edad, morfología, régimen de gestión, estado de los nutrientes y otros factores pertinentes, si fuera necesario. Por último, dentro de cada reservorio, debe aplicarse un esquema de muestreo rigurosamente diseñado para tomar en cuenta la variabilidad espacial provocada por las variaciones de profundidad y de las corrientes de agua, por la proximidad de las riberas y la presencia de vegetación acuática; así como la variabilidad temporal causada por los ciclos diurnos y estacionales. La medición de los flujos debe realizarse durante un año entero y, de preferencia, durante varios años.

La información útil puede obtenerse de las referencias siguientes: Therrien *et al.*, 2005; Duchemin *et al.*, 2006; Delmas *et al.*, 2005; Abril *et al.*, 2005; Rosa *et al.*, 2004; Soumis *et al.*, 2004; Tavares de Lima, 2002; Huttunen *et al.*, 2002; Duchemin, 2000; Duchemin *et al.*, 1999; Rosa *et al.*, 1996; y Duchemin *et al.*, 1995.

El desarrollo de los factores de emisión debe tomar en cuenta los tipos de emisiones predominantes: emisiones difusoras, por burbujas y por desgasificación. Para estimar las emisiones de desgasificación se necesitan mediciones de las concentraciones acuosas de CH₄ y CO₂ en varios puntos corriente arriba y corriente abajo del reservorio.

CUADRO 2A.1 NIVELES Y VÍAS DE LAS EMISIONES DE CO₂ PARA LAS TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS INUNDADAS	
	CO₂
Nivel 1	Emisiones difusoras
Nivel 2	Emisiones difusoras
Nivel 3	Todas las emisiones

ELECCIÓN DEL MÉTODO

El diagrama de flujo de la Figura 2a.1 es una guía para los compiladores del inventario a través de los procesos de selección del nivel apropiado. La selección del nivel y el nivel de la desagregación espacial y temporal implementado por los organismos encargados del inventario dependen de la disponibilidad de los datos sobre la actividad y los factores de emisión, así como de la importancia de los reservorios en tanto contribuidores a las emisiones nacionales de gases de efecto invernadero.

Nivel 1

El Nivel 1 proporciona un enfoque simplificado para estimar las emisiones de CO₂ provenientes de los reservorios mediante el empleo de factores de emisión por defecto y de datos muy agregados sobre el área. La única vía de emisión de CO₂ incluida en el Nivel 1 es la difusión que ocurre durante el periodo libre de hielos.

Las emisiones difusoras de CO₂ relacionadas con el periodo cubierto de hielos se suponen nulas. La hipótesis por defecto es que las emisiones de CO₂ se limitan a los 10 primeros años siguientes al incidente de inundación y que toda emisión consiguiente de CO₂ proviene del carbono que entra en el reservorio proveniente de otras áreas de tierras (p. ej., de la agricultura corriente arriba). Para estimar el cambio en las existencias de carbono en la biomasa aérea viva debido a la conversión de tierras en Tierras inundadas, puede emplearse la Ecuación 2.16 del Capítulo 2 si la biomasa aérea es despejada antes de la inundación. Si se quema la biomasa aérea, se debe usar la Ecuación 2.14 o 2.27 del Capítulo 2 (Emisiones de la quema de biomasa). Más aún, la ecuación de flujo descrita más abajo debe utilizarse en todos los casos para estimar las emisiones de CO₂ provenientes del carbono no despejado.

La descomposición, tanto de la biomasa aérea que permanece en el sitio como de la materia orgánica del suelo, contribuye a las emisiones. La Ecuación 2a.1 muestra el método de Nivel 1 para estas emisiones de CO₂.

ECUACIÓN 2A.1
EMISIONES DE CO₂ PROVENIENTES DE TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS INUNDADAS
(NIVEL 1)

$$\text{Emisiones de CO}_{2L\text{Winundación}} = P \cdot E(\text{CO}_2)_{\text{dif}} \cdot A_{\text{inundación,superficie\_total}} \cdot f_A \cdot 10^{-6}$$

Donde:

Emisiones de CO₂ _{LW inundación} = total de las emisiones de CO₂ provenientes de las *Tierras convertidas en tierras inundadas*, Gg de CO₂ año⁻¹

P = cantidad de días sin cobertura de hielos durante un año, días año⁻¹

E(CO₂)_{dif} = promedio diario de las emisiones difusoras, kg. de CO₂ ha⁻¹ día⁻¹

A_{inundación, superficie total} = área total de la superficie del reservorio, incluidas las tierras inundadas, los lagos y ríos, ha

f_A = fracción del área total del reservorio que se ha inundado en los últimos 10 años

Las emisiones de CO₂ estimadas con la Ecuación 2a.1 son muy inciertas pues el factor de emisión por defecto no da cuenta de las diferencias en las condiciones específicas del sitio ni del tiempo transcurrido desde el incidente de inundación. El empleo de la Ecuación 2a.1 puede conducir también a una sobreestimación de las emisiones cuando se utiliza en conjunto con las Ecuaciones 2.14, 2.16 o 2.27 del Capítulo 2. Los países que utilizan el método de Nivel 2 pueden representar con mayor exactitud el perfil temporal apropiado de las emisiones de CO₂ consiguientes a la inundación. Más abajo se brinda orientación sobre los métodos de Nivel 2.

Nivel 2

Bajo el Nivel 2, para estimar las emisiones difusoras de CO₂ se utilizan los factores de emisión específicos del país. En el Nivel 2, las emisiones de CO₂ pueden estimarse a partir de los reservorios siguiendo el enfoque presentado en la Ecuación 2a.2.

La estimación de las emisiones difusoras puede extenderse también para distinguir entre los periodos en los que los reservorios están libres de hielo y aquéllos en que están cubiertos de hielo (Duchemin *et al.*, 2006). Esto puede introducir una mejora significativa en la exactitud para los países con climas más fríos. El área inundada puede desagregarse más aún por zona climática, sustrato geológico o cualquier otro parámetro pertinente listado en el Recuadro 2a.1.

ECUACIÓN 2A.2
EMISIONES DE CO₂ PROVENIENTES DE TIERRAS CONVERTIDAS EN TIERRAS INUNDADAS
(NIVEL 2)

$$\text{Emisiones de CO}_{2L\text{Winundación}} = \left[\left((P_f \cdot E_f(\text{CO}_2)_{\text{dif}}) + (P_i \cdot E_i(\text{CO}_2)_{\text{dif}}) \right) \cdot \left(A_{\text{inundación,superficie}} \cdot f_A \cdot 10^{-6} \right) \right]$$

Donde:

Emisiones de CO₂ LW inundación = total de las emisiones de CO₂ provenientes de la *Tierras convertidas en tierras inundadas*, Gg de CO₂ año⁻¹

P_f = periodo libre de hielos, días año⁻¹

P_i = periodo cubierto de hielos, días año⁻¹

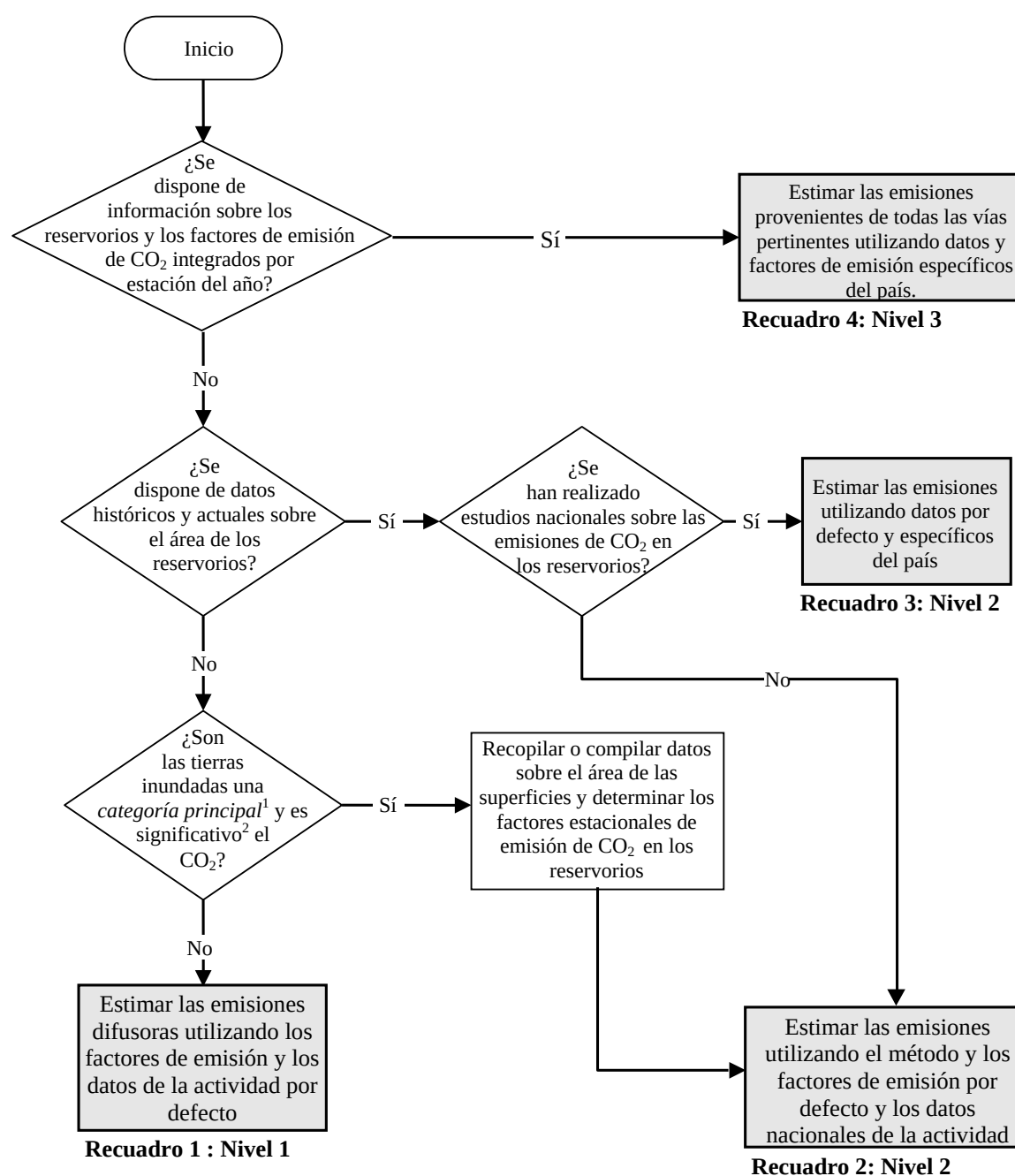
E_f(CO₂)_{dif} = promedio diario de las emisiones difusoras provenientes de la interfaz aire-agua durante el periodo libre de hielos, kg. de CO₂ ha⁻¹ día⁻¹

E_i(CO₂)_{dif} = emisiones difusoras relacionadas con el periodo cubierto de hielos, kg. de CO₂ ha⁻¹ día⁻¹

A_{inundación, superficie total} = área total de la superficie del reservorio, incluidas las tierras inundadas, los lagos y ríos, ha

f_A = fracción del área total del reservorio que se ha inundado en los últimos 10 años, adimensional

Figura 2a.1 Diagrama de flujo para la selección del nivel apropiado.



Nota:

1: Véase el Volumen 1, Capítulo 4, «Opción metodológica e identificación de categorías principales» (en particular la sección 4.1.2 relativa a los recursos limitados) para conocer el análisis de las *categorías principales* y el uso de los árboles de decisión.

2: Una subcategoría es significativa si da cuenta de un 25 a un 30 por ciento de las emisiones y/o absorciones de la categoría total

Nivel 3

Los métodos de Nivel 3 para estimar las emisiones de CO₂ son exhaustivos y deben incluir datos adicionales específicos del país sobre todas las vías pertinentes para las emisiones de CO₂, tales como las emisiones de desgasificación. Los factores de emisión están desagregados para que reflejen todas las fuentes pertinentes de variabilidad temporal y espacial (véase el Recuadro 2a.1). Para evitar el cómputo doble, el Nivel 3 requiere también que las emisiones se dividan según la procedencia, sea de la degradación de materia orgánica inundada o de la descomposición de la materia orgánica proveniente de la cuenca hidrográfica.

ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Los principales valores por defecto necesarios para implementar el método de Nivel 1 son los factores de emisión de CO₂ a través de las vías de difusión. El Cuadro 2a.2 presenta emisiones medidas para varias zonas climáticas. Estas emisiones medidas integran las variaciones espaciales (variaciones intra-reservorios y regionales) y temporales (seco/lluvioso u otras variaciones estacionales o interanuales) conocidas de las emisiones provenientes de los reservorios, así como los flujos en la interfaz agua-aire de los reservorios. El Nivel 1 se aplica sólo al periodo libre de hielos. Durante todo el periodo cubierto de hielos, se supone que las emisiones de CO₂ son nulas, aunque en la realidad sí se producen. Todos los datos se han obtenido a partir de mediciones en reservorios hidroeléctricos o de control de inundaciones.

Para el Nivel 2, en la medida de lo posible, deben usarse los factores de emisión específicos del país y éstos deben incluir las emisiones que ocurren durante el periodo invernal (cubierto de hielos). El desarrollo de los factores de emisión específicos del país se discute en el Recuadro 2a.1. La derivación de los factores específicos del país debe documentarse claramente e idealmente, publicarse en bibliografía con revisión de pares. La orientación del Recuadro 2a.1 es válida también para derivar los factores de emisión del Nivel 3.

ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Para estimar las emisiones de las tierras inundadas pueden necesitarse varios tipos diferentes de datos de la actividad, según el nivel de implementación y las fuentes potenciales de variabilidad espacial y temporal dentro del territorio nacional.

Área de las tierras inundadas

Para el Nivel 1 se requiere el total del área del reservorio y la proporción inundada durante los últimos diez años (f_A). El uso, en un nivel superior, de perfiles de emisión más detallados a lo largo del tiempo requiere una información correspondiente sobre la distribución de edades de las tierras inundadas. Los países pueden obtener el área de sus tierras inundadas a partir de un análisis de cobertura del drenaje de las cuencas, de una base de datos nacional sobre represas y embalses, de la Comisión Internacional de Grandes Represas (ICOLD, *International Commission on Large Dams*, 1998) o del informe de la Comisión Mundial sobre Represas (WCD, *World Commission on Dams*, 2000). Dado que el área de tierras inundadas puede cambiar rápidamente y a causa del tiempo límite de 10 años, los países deben utilizar datos actualizados y recientes sobre el área de las superficies de los reservorios. Bajo el Nivel 2, estos datos de la actividad deben desagregarse según las categorías pertinentes (véase el Recuadro 2a.1). Para los Niveles 2 y 3, los países deben crear una base de datos nacional sobre los reservorios con datos pertinentes o información sobre los nombres, tipos, coordenadas geográficas, año de construcción del dique, área de la superficie, profundidad, tasa de desagüe y otros parámetros pertinentes de los reservorios, como se describe en el Recuadro 2a.1.

Periodo libre de hielos / periodo cubierto de hielos.

Bajo todos los Niveles, para estimar las emisiones de CO₂ se necesita conocer los periodos durante los cuales los reservorios están libres de hielo o totalmente recubiertos de hielo. Esta información puede obtenerse a través de los servicios meteorológicos nacionales.

Volumen de los flujos de salida y/o desagües

Bajo el Nivel 3, para estimar las emisiones de CO₂ por desgasificación se necesita conocer el volumen de los flujos de salida y/o desagües de las tierras inundadas.

Concentraciones de CO₂ corriente arriba y corriente abajo de las represas.

Bajo el Nivel 3, para estimar las emisiones de desgasificación es necesario conocer las concentraciones de CO₂ corriente arriba y corriente abajo de las represas. La información sobre las técnicas de medición puede obtenerse de las referencias citadas en el Recuadro 2a.1.

CUADRO 2A.2 EMISIONES MEDIDAS DE CO ₂ PROVENIENTES DE TIERRAS INUNDADAS						
Clima	Emisiones difusoras (periodo libre de hielos) E _f (CO ₂) _{dif} (kg. de CO ₂ ha ⁻¹ día ⁻¹)					Referencias
	Mediana	Mín.	Máx.	N _m	N _{res}	
Polar / boreal muy húmedo	11,8	0,8	34,5	1011	20	Bergström <i>et al.</i> , 2004; Åberg <i>et al.</i> , 2004; Huttunen <i>et al.</i> , 2002
Templado frío, húmedo	15,2	4,5	86,3	633	20	Duchemin, 2000; Schellhase <i>et al.</i> , 1994 ; Duchemin <i>et al.</i> , 1999 ; Duchemin <i>et al.</i> , 1995; Tremblay <i>et al.</i> , 2005
Templado cálido, húmedo	8,1	-10,3	57,5	507	33	Duchemin, 2000; Duchemin, 2002a ; St-Louis <i>et al.</i> , 2000; Smith y Lewis, 1992 ; Tremblay <i>et al.</i> , 2005
Templado cálido, seco	5,2	-12,0	31,0	390	43	Soumis <i>et al.</i> , 2004 ; Therrien <i>et al.</i> , 2005
Tropical, muy húmedo	44,9	11,5	90,9	642	7	Keller y Stallard, 1994; Galy-Lacaux <i>et al.</i> , 1997; Galy-Lacaux, 1996; Duchemin <i>et al.</i> , 2000; Pinguelli Rosa <i>et al.</i> , 2002; Tavares de Lima <i>et al.</i> , 2002; Tavares de Lima, 2005
Tropical, seco	39,1	11,7	58,7	197	5	Pinguelli Rosa <i>et al.</i> , 2002; Dos Santos, 2000
Los valores de la segunda columna representan las medianas de las emisiones de CO₂ declaradas en la bibliografía, las cuales corresponden en sí a las medias aritméticas de los flujos medidos sobre los reservorios individuales. Se usan las medianas pues las distribuciones de frecuencia de las mediciones de flujo subyacentes no son normales y sus medias aritméticas están ya sesgadas por los valores extremos. Los valores Mín y Máx. corresponden a los más bajos y los más altos de todas las mediciones individuales dentro de una región climática dada; se dan sólo como indicación de la variabilidad. N_m = cantidad de mediciones; N_{res} = cantidad de reservorios muestreados. Estas mediciones pueden incluir las emisiones no antropogénicas (p. ej., emisiones provenientes del carbono en la cuenca corriente arriba) y posibles cálculos dobles de emisiones antropogénicas (p. ej., aguas servidas de las zonas urbanas de la región del reservorio) y de este modo pueden sobreestimar las emisiones.						

EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Las dos fuentes más grandes de incertidumbre en la estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de los reservorios son los factores de emisión para las diferentes vías de emisión (difusoras, por burbujas y por desgasificación) y las estimaciones de las áreas de la superficie de los reservorios.

Factores de emisión

Las emisiones difusoras de CO₂ que se muestran en el Cuadro 2a.2 varían por uno o dos órdenes de magnitud entre las regiones boreales y las templadas y por uno hasta tres órdenes de magnitud en las regiones tropicales. Por lo tanto, el empleo de cualquier factor de emisión del Cuadro 2a.2 implica una alta incertidumbre. Dado que la edad de los reservorios influye significativamente sobre los flujos de CO₂ durante los 10 primeros años, el método puede conducir a una sobreestimación de las emisiones de CO₂.

Las emisiones de CO₂ por desgasificación, que son significativas, típicamente, en las regiones templadas y tropicales, son una fuente importante de incertidumbre para el Nivel 3. Las investigaciones han demostrado que estas emisiones de CO₂ dan cuenta de todas las emisiones de gases de efecto invernadero a partir de reservorios en una región templada seca, y de hasta un 30% en las regiones templadas húmedas (Soumis *et al.*, 2004). En las regiones templadas frías, las emisiones de CO₂ por desgasificación dan cuenta de menos del 5% del total de las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de los reservorios (Duchemin, 2000; Hélie, 2003).

Para reducir las incertidumbres de los factores de emisión, los países deben desarrollar estrategias de muestreo apropiadas y estadísticamente válidas que tomen en cuenta los factores subyacentes de la variabilidad espacial y temporal de los ecosistemas estudiados (véase el Recuadro 2a.1).

Área de las tierras inundadas

La información estadística nacional sobre el área inundada retenida detrás de las grandes represas (> 100 km²) debe estar disponible y puede ser exacta dentro de un margen de 10%. Cuando no se disponga de bases de datos sobre las represas y se utilice otra información, las áreas de las tierras inundadas retenidas detrás de las represas tendrán probablemente una incertidumbre superior al 50%, en particular en los países con extensas áreas de tierras inundadas. Una información detallada sobre la ubicación, el tipo y la función de las represas más pequeñas puede ser también difícil de obtener, aunque es posible realizar inferencias estadísticas basadas en la distribución del tamaño de los reservorios para los cuales se dispone de datos. Los reservorios se crean por una variedad de razones que influyen sobre la disponibilidad de los datos y, por consiguiente, la incertidumbre en el área de la superficie depende de las condiciones específicas del país.

Referencias

- Åberg, J., Bergström, A.K., Algesten, G., Söderback, K. and Jansson, M. (2004). A comparison of the carbon balances of a natural lake (L. Östräsket) and a hydroelectric reservoir (L. Skinnmuddset) in northern Sweden, *Water Research*, **28**, 531-538.
- Abril, G., Guérin, F., Richard, S., Delmas, R., Galy-Lacaux, C., Gosse, P., Tremblay, A., Varfalvy, L., dos Santos, A.M. and Matvienko, B. (2005). Carbon dioxide and methane emissions and the carbon budget of a 10-years old tropical reservoir (Petit-Saut, French Guiana). *Global Biogeochemical Cycle* (in press).
- Bergström, A.K., Algesten, G., Sobek, S., Tranvik, L. and Jansson, M. (2004). Emission of CO₂ from hydroelectric reservoirs in northern Sweden, *Arch. Hydrobiol.*, **159**, 1, 25-42.
- Cole, J.J. and Caraco, N.F. (2001). Carbon in catchments: connecting terrestrial carbon losses with aquatic metabolism. *Marine and Freshwater Research*, **52**:101-110
- Delmas, R., Richard, S., Guérin, F., Abril, G., Galy-Lacaux, C., Delon, C. and Grégoire, A. (2005). Long Term Greenhouse Gas Emissions from the Hydroelectric Reservoir of Petit Saut (French Guiana) and Potential Impacts. In Tremblay, A., L. Varfalvy, C. Roehm and M. Garneau (Eds.). *Greenhouse gas Emissions: Fluxes and Processes, Hydroelectric Reservoirs and Natural Environments*. Environmental Science Series, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, pp. 293-312.
- dos Santos, M.A. (2000). Inventário emissões de gases de efeito estufa derivadas de Hidrelétricas, PhD. Dissertation, University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil, 154p.
- Duchemin, E., Lucotte, M., Canuel, R. and Soumis, N. (2006). First assessment of CH₄ and CO₂ emissions from shallow and deep zones of boreal reservoirs upon ice break-up, *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, **11**:9-19.
- Duchemin, É. (2000). Hydroelectricity and greenhouse gases: Emission evaluation and identification of biogeochemical processes responsible for their production, PhD. Dissertation, Université du Québec à Montréal, Montréal (Québec), Canada, 321 p (available on CD-ROM).
- Duchemin, É., Lucotte, M., Canuel, R. and Chamberland, A. (1995). Production of the greenhouse gases CH₄ and CO₂ by hydroelectric reservoirs of the boreal region, *Global Biogeochemical Cycles*, **9**, 4, 529-540.
- Duchemin, É., Lucotte, M., Canuel, R., Almeida Cruz, D., Pereira, H.C., Dezincourt, J. and Queiroz, A.G. (2000). Comparison of greenhouse gas emissions from an old tropical reservoir and from other reservoirs worldwide, *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, **27**, 3, 1391-1395.
- Duchemin, É., Canuel, R., Ferland, P. and Lucotte, M. (1999). Étude sur la production et l'émission de gaz à effet de serre par les réservoirs hydroélectriques d'Hydro-Québec et des lacs naturels (Volet 2), Scientific report, Direction principal Planification Stratégique - Hydro-Québec, 21046-99027c, 48p.

- Fearnside, P.M. (2002). Greenhouse gas emissions from a hydroelectric reservoir (Brazil's Tucuruí dam) and the energy policy implications, *Water Air and Soil Pollution* **133**, 1-4, 69-96.
- Galy-Lacaux, C. (1996). Modifications des échanges de constituants mineurs atmosphériques liées à la création d'une retenue hydroélectrique. Impact des barrages sur le bilan du méthane dans l'atmosphère, PhD dissertation, Université Paul Sabatier, Toulouse (France), 200 p.
- Galy-Lacaux, C., Delmas, R., Jambert, C., Dumestre, J.-F., Labroue, L., Richard, S. and Gosse, P. (1997). Gaseous emissions and oxygen consumption in hydroelectric dams: a case study in French Guyana, *Global Biogeochemical Cycles*, **11**, 4, 471-483.
- Hélie, J.F. (2004). Geochemistry and fluxes of organic and inorganic in aquatic systems of eastern Canada: examples of the St-Lawrence River and Robert-Bourassa reservoir: Isotopic approach, PhD. Dissertation, Université du Québec à Montréal, Montréal (Québec), Canada, 205p.
- Houel, S. (2003). Dynamique de la matière organique terrigène dans les réservoirs boréaux, PhD. Dissertation, Université du Québec à Montréal, Montréal (Québec), Canada, 121p.
- Huttunen, J.T., Alm, J., Liikanen, A., Juutinen, S., Larmola, T., Hammar, T., Silvola, J. and Martikainen, P.J. (2003). Fluxes of methane, carbon dioxide and nitrous oxide in boreal lakes and potential anthropogenic effects on the aquatic greenhouse gas emissions, *Chemosphere*, **52**, 609-621
- Huttunen, J.T., Väisänen, T.S., Hellsten, S.K., Heikkinen, M., Nykänen, H., Jungner, H., Niskanen, A., Virtanen, M.O., Lindqvist, O.V., Nenonen, O.S. and Martikainen, P.J. (2002). Fluxes of CH₄, CO₂, and N₂O in hydroelectric reservoir Lokka and Porttipahta in the northern boreal zone in Finland, *Global Biogeochemical Cycles*, **16**, 1, doi:10.1029/2000GB001316.
- International Commission on Large Dams (ICOLD) (1998). World register of Dams 1998. Paris. International Committee on large Dams (Ed.). Metadatabase.
- Keller, M. and Stallard, R.F. (1994). Methane emission by bubbling from Gatun lake, Panama, *J. Geophys. Res.*, **99**, D4, 8307-8319.
- Rosa, L.P., Schaeffer, R. and Santos, M.A. (1996). Are hydroelectric dams in the Brazilian Amazon significant sources of greenhouse gases? *Environmental Conservation*, **66**, No. 1: 2-6. Cambridge University Press.
- Rosa, L.P., Santos, M.A., Matvienko, B., Santos, E.O. and Sisar, E. (2004). Greenhouse gas emissions from hydroelectric reservoirs in tropical Regions, *Climatic Change*, **66**: 9-21.
- Rosa, L.P., Matvienko Sikar, B., dos Santos, M.A., Matvienko Sikar, E. (2002). Emissões de dióxido de carbono e de metano pelos reservatórios hidroelétricos brasileiros, Relatório de referência – Inventário brasileiro de emissões antropicas de gás de efeito de estufa, Ministério da Ciência e tecnologia, Brazil, 199p.
- Schlellhase, H.U. (1994). B.C. Hydro Strategic R&D; Carbon project - Reservoir case study, Powertech Labs inc., Final Report, 1-57.
- Smith, L.K. and Lewis, W.M. (1992). Seasonality of methane emissions from five lakes and associated wetlands of the Colorado Rockies, *Global Biogeochemical Cycles*, **6**, 4, 323-338
- Soumis, N., Lucotte, M., Duchemin, É., Canuel, R., Weissenberger, S., Houel, S. and Larose, C. (2005). Hydroelectric reservoirs as anthropogenic sources of greenhouse gases. In *Water Encyclopedia*. Volume 3: Surface and agricultural water, sous la dir. de J. H. Lehr et J. Keeley. p. 203-210. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Soumis, N., Duchemin, É., Canuel, R. and Lucotte, M. (2004). Greenhouse gas emissions from reservoirs of the western United States, *Global Biogeochem. Cycles*, **18**, GB3022, doi:10.1029/2003GB002197.
- St-Louis, V., Kelly, C.A., Duchemin, É., Rudd, J.W.M. and Rosenberg, D.M. (2000). Reservoir surfaces as sources of greenhouse gases: A global estimate, *Bioscience*, **50**, 9, 766-775.
- Tavares de Lima, I. (2005). Biogeochemical distinction of methane releases from two Amazon hydroreservoirs, *Chemosphere*, In Press
- Tavares de Lima, I. (2002). Emissão de metano em reservatório hidrelétricos amazônicos através de leis de potência (Methane emission from Amazonian hydroelectric reservoirs through power laws), PhD Dissertation, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brazil, 119 p.
- Therrien, J. (2005). Aménagement hydroélectrique de l'Estmain-1 – Étude des gaz à effet de serre en milieux aquatiques 2003-2004. Rapport de GENIVAR Groupe Conseil Inc. à la Société d'énergie de la Baie James. 48 p. et annexes.

- Therrien, J. (2004). Flux de gaz à effet de serre en milieux aquatiques - Suivi 2003. Rapport de GENIVAR Groupe Conseil Inc. présenté à Hydro-Québec. 52 p. et annexes.
- Therrien, J., Tremblay, A. and Jacques, R. (2005). CO₂ Emissions from Semi-arid Reservoirs and Natural Aquatic Ecosystems. *In* Tremblay, A., L. Varfalvy, C. Roehm et M. Garneau (Eds.). Greenhouse Gas Emissions: Fluxes and Processes, Hydroelectric Reservoirs and Natural Environments. Environmental Science Series, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, pp. 233-250.
- Tremblay, A., Therrien, J., Hamlin, B., Wichmann, E. and LeDrew, L. (2005). GHG Emissions from Boreal Reservoirs and Natural Aquatic Ecosystems. *In* Tremblay, A., L. Varfalvy, C. Roehm and M. Garneau (Eds.). Greenhouse gas Emissions: Fluxes and Processes, Hydroelectric Reservoirs and Natural Environments. Environmental Science Series, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, pp. 209-231.
- WCD (2000). Dams and Development a New Framework for Decision-Making, The Report of the World Commission on Dams, Earthscan Publications Ltd, London and Sterling, VA, 356 p.

Apéndice 3 Emisiones de CH₄ provenientes de tierras inundadas: Base para su futuro desarrollo metodológico

Este apéndice proporciona una base para los futuros desarrollos metodológicos, aunque no una orientación exhaustiva.

Las tierras inundadas pueden emitir CH₄ en cantidades significativas, según una variedad de características tales como la edad y la profundidad de los reservorios, el uso de las tierras anterior a la inundación, el clima y las prácticas de gestión. A diferencia de las emisiones de CO₂, las de CH₄ son muy variables tanto espacialmente como temporalmente. Las mediciones actuales de los flujos de CH₄ provenientes de las tierras inundadas no son lo suficientemente exhaustivas como para sostener el desarrollo de factores de emisión exactos por defecto (en particular, para las emisiones de burbujas y de desgasificación). Además, no se dispone de datos sobre los países con áreas sustanciales cubiertas por reservorios, como la India, China y Rusia.

El estudio de las mediciones no indica que el tiempo transcurrido desde el incidente de la inundación ejerza una influencia significativa en los flujos de CH₄ a partir de los reservorios de climas templados y boreales. Lo contrario es cierto en las regiones tropicales, donde el tiempo transcurrido desde el inicio de la inundación puede influir significativamente tanto en las emisiones difusoras, por burbujas como por desgasificación de CH₄. Esta tendencia fue observada sólo en el reservorio Petit-Saut de la Guayana Francesa (Abril *et al.*, 2005); sin embargo, algunos reservorios tropicales antiguos muestran altas emisiones de burbujas (Duchemin *et al.*, 2000; Stallard y Keller, 1994). El modelo desarrollado para el reservorio Petit-Saut predijo muy bien las concentraciones de CH₄ disuelto de un reservorio de la Costa de Marfil (Galy-Lacaux *et al.*, 1998).

Las pruebas sugieren que en las tierras inundadas, por lo general, el CH₄ se produce exclusivamente a partir de los suelos inundados; la producción de este gas es suficiente para sostener las mediciones de flujos en la interfaz agua-aire (Houel, 2003; Duchemin, 2000; Abril *et al.*, 2005).

3a.1 Tierras inundadas que permanecen como tales

Esta sección proporciona información sobre cómo estimar las emisiones de CH₄ provenientes de las *Tierras inundadas que permanecen como tales*. Esta información se ha extraído de la bibliografía disponible, con la intención de que sirva a los países que desean desarrollar estimaciones preliminares de las emisiones de CH₄ a partir de esta fuente. Los países con emisiones potencialmente significativas de CH₄ provenientes de las tierras inundadas, y que se plantean declarar estas emisiones, deben considerar el desarrollo de factores de emisión específicos del país para reducir la incertidumbre total. En el Recuadro 2a.1 del Apéndice 2 se brinda orientación para desarrollar tales factores.

3A.1.1 EMISIONES DE CH₄ PROVENIENTES DE TIERRAS INUNDADAS QUE PERMANECEN COMO TALES

CUESTIONES METODOLÓGICAS

Las emisiones post-inundación de CH₄ pueden ocurrir a través de las vías siguientes:

- Emisiones difusoras provocadas por la difusión molecular a través de la interfaz aire-agua;
- Emisiones de burbujas, o emisiones de gas provenientes del sedimento a través de la columna de agua mediante burbujas; ésta es una vía muy importante de emisiones de CH₄, en particular en las regiones templadas y tropicales.
- Emisiones de desgasificación o emisiones que son el resultado de un cambio repentino de la presión hidrostática, así como de la superficie creciente de intercambio aire/agua después de que el agua de los reservorios fluye a través de una turbina y/o una vía de desagüe (Hélie, 2004; Soumis *et al.*, 2004; Delmas *et al.*, 2005); ésta es una vía muy importante de emisiones de CH₄ desde los jóvenes reservorios tropicales.

El enfoque de Nivel 1 cubre sólo las emisiones difusoras. El Nivel 2 incluye un término para estimar las emisiones de CH₄ por burbujas y, donde sea aplicable, una consideración separada para los periodos libres de hielo y cubiertos de hielo. Los métodos de Nivel 3 se refieren a todo enfoque basado en mediciones detalladas que incluya una estimación de todos los flujos de CH₄ pertinentes que provienen de las tierras inundadas, lo cual incluye también las emisiones de desgasificación y considera la profundidad, la ubicación geográfica y la

temperatura del agua del reservorio durante la totalidad de su vida útil. Los métodos de Nivel 3 no se esbozan con más detalle en este capítulo, pero los países deben referirse al Recuadro 2a.1 del Apéndice 2, sobre la derivación de factores de emisión específicos del país, como recurso para implementar el enfoque de Nivel 3. El Cuadro 3a.1 es un resumen de la cobertura de los tres niveles en relación con las vías de emisión de CH₄.

CUADRO 3A.1 RESUMEN DE LOS MÉTODOS Y LA COBERTURA DE LAS EMISIONES	
	CH ₄
Nivel 1	Emisiones difusoras
Nivel 2	- Emisiones difusoras - Emisiones por burbujas
Nivel 3	Todas las emisiones

La sección siguiente describe los enfoques de Nivel 1 y Nivel 2 para las emisiones de CH₄.

ELECCIÓN DEL MÉTODO

El metano puede emitirse desde las tierras inundadas a través de la liberación de burbujas, por difusión y por desgasificación. El árbol de decisión de la Figura 3a.1 orienta al compilador del inventario a través del proceso de selección del enfoque apropiado para estimar las emisiones de CH₄ provenientes de las tierras inundadas. La selección del nivel y el nivel de desagregación espacial y temporal implementado por los compiladores del inventario dependen de la disponibilidad de los datos de la actividad y los factores de emisión, así como de la importancia de los reservorios en tanto contribuyentes a las emisiones nacionales de gases de efecto invernadero. Siempre se prefieren las pruebas científicas y los datos específicos del país en vez de los datos por defecto del Nivel 1.

Nivel 1

El método de Nivel 1 para estimar las emisiones de CH₄ provenientes de las tierras inundadas incluye sólo las emisiones difusoras durante el periodo libre de hielos. Las emisiones producidas durante el periodo cubierto de hielos se suponen nulas. La Ecuación 3a.1 puede utilizarse con las emisiones medidas proporcionadas en el Cuadro 3a.2 y con el área total de las tierras inundadas.

ECUACIÓN 3A.1 EMISIONES DE CH₄ PROVENIENTES DE LAS TIERRAS INUNDADAS (NIVEL 1) $Emisiones\ de\ CH_{4\text{Winundación}} = P \bullet E(CH_4)_{dif} \bullet A_{inundación\_superficie\_total} \bullet 10^{-6}$

Donde:

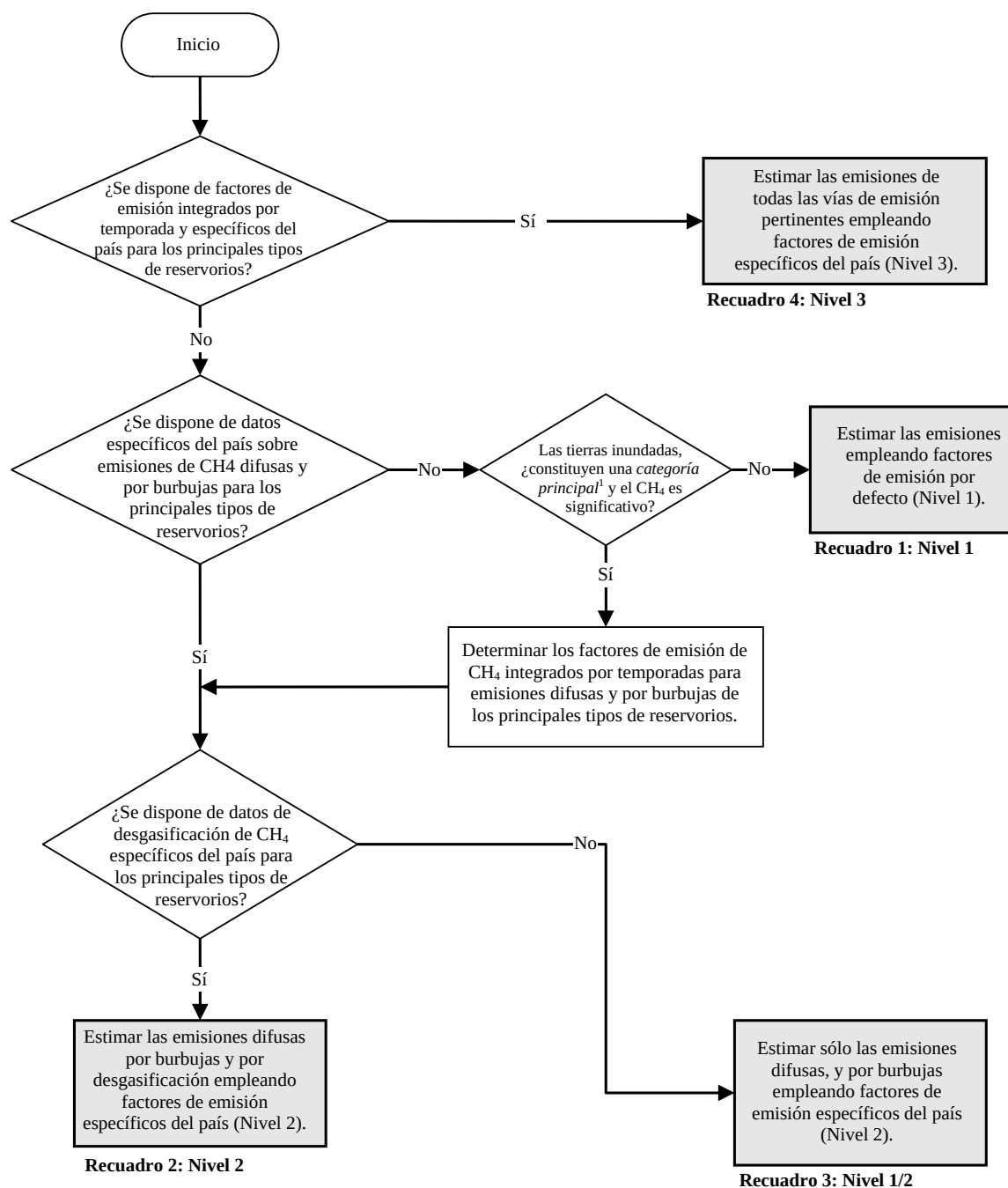
Emisiones de CH₄ ww inundación = total de las emisiones de CH₄ provenientes de las tierras inundadas, Gg de CH₄ año⁻¹

P = periodo libre de hielos, días año⁻¹ (por lo general, 365 para las estimaciones de inventario anuales, o menos en los países con periodo con cobertura de hielo)

E(CH₄)_{dif} = promedio diario de las emisiones difusoras, kg. de CH₄ ha⁻¹ día⁻¹

A_{inundación, superficie total} = área total de la superficie inundada, incluidas las tierras inundadas, los lagos y ríos, ha

Figura 3a.1 **Árbol de decisión para estimar las emisiones de CH₄ provenientes de las Tierras inundadas que permanecen como tales**



Nota:

1: Véase el Volumen 1, Capítulo 4, «Opción metodológica e identificación de categorías principales» (principalmente la sección 4.1.2 relativa a los recursos limitados) para el análisis de las *categorías principales* y el uso de los árboles de decisión.

2: Una subcategoría es significativa si implica un 25-30% del total de las emisiones/absorciones del total de la categoría.

Nivel 2

Un método de Nivel 2 para estimar las emisiones de CH₄ requiere factores de emisión específicos del país para las emisiones difusoras y por burbujas y da cuenta, donde corresponda, de las diferentes tasas de difusión y de formación de burbujas de las emisiones durante los periodos de reservorios libres de hielo y cubiertos de hielo. El área de las tierras inundadas puede desagregarse también por zona climática o según cualquier parámetro pertinente listado en el Recuadro 2a.1 del Apéndice 2. Este enfoque está descrito por la Ecuación 3a.2.

ECUACIÓN 3A.2
EMISIONES DE CH₄ PROVENIENTES DE LAS TIERRAS INUNDADAS (NIVEL 2)

$$Emisiones\ de\ CH_{4\ WW\ inundación} = \left[\begin{aligned} & \left(P_f \cdot E_f(CH_4)_{dif} \cdot A_{inundación,superficie} \right) + \\ & \left(P_f \cdot E_f(CH_4)_{burbuja} \cdot A_{inundación,superficie} \right) + \\ & P_i \cdot \left(E_i(CH_4)_{dif} + E_i(CH_4)_{burbuja} \right) \cdot A_{inundación,superficie} \end{aligned} \right]$$

Donde:

Emisiones de CH₄ _{WW inundación} = total de las emisiones de CH₄ provenientes de las tierras inundadas por año, kg. de CH₄ año⁻¹

P_f = periodo libre de hielos, días año⁻¹

P_i = periodo cubierto de hielos, días año⁻¹

E_f(CH₄)_{dif} = promedio diario de las emisiones difusoras provenientes de la interfaz aire-agua durante el periodo libre de hielos, kg. de CH₄ ha⁻¹ día⁻¹

E_f(CH₄)_{burbuja} = promedio diario de las emisiones por burbujas provenientes de la interfaz aire-agua durante el periodo libre de hielos, kg. de CH₄ ha⁻¹ día⁻¹

E_i(CH₄)_{dif} = emisiones difusoras relacionadas con el periodo cubierto de hielos, kg. de CH₄ ha⁻¹ día⁻¹

E_i(CH₄)_{burbuja} = emisiones por burbujas relacionadas con el periodo cubierto de hielos, kg. de CH₄ ha⁻¹ día⁻¹

A_{inundación, superficie total} = área total de la superficie inundada, incluidas las tierras inundadas, los lagos y ríos, ha

ELECCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

Nivel 1

Los principales valores por defecto necesarios para implementar el método de Nivel 1 son los factores de emisión de CH₄ a través de la vía de la difusión. El Cuadro 3a.2 proporciona emisiones medidas para varias zonas climáticas. En la medida de lo posible, dada la investigación disponible, estas emisiones medidas integran las variaciones espaciales (al interior de los reservorios y regionales) y temporales (seco/lluvioso y otras variaciones estacionales e inter-anales) de las emisiones de los reservorios. Para el Nivel 1, deben usarse sólo los factores de emisión por defecto para el periodo libre de hielos. Las emisiones de CH₄ producidas durante el periodo cubierto de hielos se suponen nulas. Cuando no se disponga de datos por defecto, los países deben utilizar los valores de los factores de emisión más cercanos (emisiones de las zonas climáticas más similares).

Nivel 2

Bajo el Nivel 2, deben emplearse, en la medida de lo posible, los factores de emisión específicos del país en vez de los factores por defecto. También es necesario hacer estimaciones adicionales para las emisiones invernales y las emisiones de burbujas, las cuales requieren el desarrollo de factores de emisión específicos del país. Se prevé el uso de una mezcla de valores por defecto y de factores de emisión específicos del país cuando estos últimos no cubren el rango total de las condiciones ambientales ni de gestión. El desarrollo de los factores de emisión específicos del país se analiza en el Recuadro 2a.1 del Apéndice 2. La derivación de los factores específicos del país debe documentarse claramente y publicarse en bibliografía con revisión de pares.

ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Para estimar las emisiones de las tierras inundadas pueden necesitarse varios tipos diferentes de datos de la actividad, según el nivel de la implementación y las fuentes conocidas de variabilidad espacial y temporal dentro del territorio nacional. Estos tipos de datos de la actividad corresponden a los mismos datos requeridos para las emisiones de CO₂, como se describe en la Sección 7.3.2.

Área de las tierras inundadas

Para estimar las emisiones difusoras y de burbujas se requieren los datos específicos del país sobre el área de las tierras inundadas. Como alternativa, los países pueden obtener una estimación del área de sus tierras inundadas a partir de un análisis de cobertura del drenaje de las cuencas, de una base de datos sobre represas y embalses, de la Comisión Internacional de Grandes Represas (ICOLD, *International Commission on Large Dams*, 1998) o del informe de la Comisión Mundial sobre Represas (WCD, *World Commission on Dams*, 2000). Dado que el área de las tierras inundadas puede cambiar rápidamente, los países deben usar datos actualizados y recientes. Los enfoques de Nivel 2 y 3 se apoyan de preferencia en una base de datos nacional para seguir la evolución del área de las superficies de los reservorios. Esta base de datos debe incluir también otros parámetros como la profundidad, el año de la inundación y la ubicación geográfica de los reservorios (véase el Recuadro 2a.1 del Apéndice 2).

Periodo libre de hielos / periodo cubierto de hielos.

Para los Niveles 2 y 3, al estimar las emisiones de CH₄ se necesita conocer los periodos durante los cuales los reservorios están libres de hielo o totalmente recubiertos de hielo. Esta información puede obtenerse a través de los servicios meteorológicos nacionales.

Volumen de los flujos de salida y/o desagües

Para el Nivel 3, al estimar las emisiones de CH₄ por desgasificación, se necesita conocer el volumen de los flujos de salida y/o desagües de las tierras inundadas.

Concentraciones de CH₄ corriente arriba y corriente abajo de las represas.

Para el Nivel 3, al estimar las emisiones de desgasificación, es necesario conocer las concentraciones de CH₄ corriente arriba y corriente abajo de las represas. La información sobre cómo medir estos datos puede obtenerse a partir de las referencias citadas en el Recuadro 2a.1 del Apéndice 2.

CUADRO 3A.2 EMISIONES MEDIDAS DE CH ₄ PROVENIENTES DE LAS TIERRAS INUNDADAS						
Clima	Emisiones difusoras (periodo libre de hielos) E _f (CH ₄) _{dif} (kg. de CH ₄ ha ⁻¹ día ⁻¹)					Referencias
	Median	Mín.	Máx.	N _m	N _{res}	
Polar / boreal muy húmedo	0,086	0,011	0,3	253	13	Blais 2005; Tremblay <i>et al.</i> , 2005; Therrien, 2004; Therrien, 2005; Huttunen <i>et al.</i> , 2002; Lambert, 2002; Duchemin, 2000
Templado frío, húmedo	0,061	0,001	0,2	233	10	Tremblay <i>et al.</i> , 2005; Therrien, 2004; Blais, 2005; Lambert, 2002; Duchemin <i>et al.</i> , 1999
Templado cálido, húmedo	0,150	- 0,05	1,1	416	16	Tremblay <i>et al.</i> , 2005; Soumis <i>et al.</i> , 2004; Duchemin, 2000; Smith y Lewis, 1992
Templado cálido, seco	0,044	0,032	0,09	135	5	Therrien <i>et al.</i> , 2005; Therrien, 2004; Soumis <i>et al.</i> , 2004
Tropical, muy húmedo	0,630	0,067	1,3	303	6	Tavares de lima, 2005; Abril <i>et al.</i> , 2005; Therrien, 2004; Rosa <i>et al.</i> , 2002; Tavares de lima <i>et al.</i> , 2002; Duchemin <i>et al.</i> , 2000; Galy-Lacaux <i>et al.</i> , 1997; Galy-Lacaux, 1996; Keller y Stallard, 1994
Tropical, seco	0,295	0,070	1,1	230	5	Rosa <i>et al.</i> , 2002; Dos Santos, 2000
Los valores de la segunda columna representan las medianas de las emisiones de CH₄ declaradas en la bibliografía, las cuales corresponden, en sí, a las medias aritméticas de los flujos medidos sobre los reservorios individuales. Se usan las medianas, pues la frecuencia de las distribuciones de las mediciones de flujo subyacentes no son normales y sus medias aritméticas están ya sesgadas por los valores extremos. Los valores Mín. y Máx. corresponden a los más bajos y los más altos de todas las mediciones individuales dentro de una región climática dada; se dan sólo como una indicación de la variabilidad. N_m = cantidad de mediciones; N_{res} = cantidad de reservorios muestreados. Estas mediciones pueden incluir las emisiones no antropogénicas (p. ej., emisiones provenientes del carbono en la cuenca corriente arriba) y posibles cálculos dobles de emisiones antropogénicas (p. ej., aguas servidas de las zonas urbanas de la región del reservorio) y de este modo pueden sobreestimar las emisiones.						

EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Las dos fuentes más grandes de incertidumbre en la estimación de las emisiones de CH₄ provenientes de las tierras inundadas son los factores de emisión de calidad para las diferentes vías de emisión (difusoras, por burbujas y por desgasificación) y las estimaciones de las áreas de las tierras inundadas.

Factores de emisión

Como se muestra en el Cuadro 3a.2, las emisiones difusoras promedio pueden variar por un orden de magnitud entre las regiones boreales y templadas y por uno hasta tres órdenes de magnitud en las regiones tropicales. Se observa la misma variabilidad en las emisiones por burbujas en todas las regiones (alrededor de un orden de magnitud). Por lo tanto, el empleo de todo factor de emisión implica una alta incertidumbre.

Las emisiones de CH₄ por desgasificación son también una fuente importante de incertidumbre. Las emisiones por desgasificación son un componente importante de las emisiones de GEI a partir de las tierras inundadas tropicales (Galy-lacaux *et al.*, 1997), y dan cuenta de más del 40 por ciento de las emisiones de GEI generadas por un reservorio de 9 años de edad (Delmas *et al.*, 2005). Sin embargo, para muchos reservorios las emisiones por desgasificación son pequeñas o insignificantes (Duchemin, 2000; Soumis *et al.*, 2004). Por lo tanto, mientras no se disponga de mayores conocimientos sobre la dinámica de las emisiones de CH₄ por desgasificación, la estimación debe efectuarse sobre una base de caso por caso.

Para reducir las incertidumbres de los factores de emisión, los países deben desarrollar estrategias de muestreo apropiadas y estadísticamente válidas que tomen en cuenta la variabilidad natural de los ecosistemas estudiados (véase el Recuadro 2a.1 del Apéndice 2). Donde corresponda, la distinción entre los periodos libres de hielo y cubiertos de hielo puede constituir una mejora significativa de la exactitud (Duchemin *et al.*, 2005). Una estrategia de muestreo debe entonces incluir suficientes estaciones de muestreo por reservorio, así como suficientes reservorios y periodos de muestreo. La cantidad de estaciones de muestreo debe determinarse mediante un enfoque estadístico reconocido. Más aún, los países deben considerar los factores incluidos en el Recuadro 2a.1 del Apéndice 2.

Área de las tierras inundadas

La información sobre el área inundada retenida detrás de las represas más grandes (>100 km²) debe estar disponible con incertidumbres del orden del 10 por ciento, en particular en los países con grandes represas y reservorios hidroeléctricos. Para los países con muchas tierras inundadas y en los cuales no se dispone de bases de datos nacionales, las áreas inundadas retenidas detrás de las represas pueden tener incertidumbres superior al 50 por ciento. Una información detallada sobre la ubicación, el tipo y la función de las represas más pequeñas puede ser también difícil de obtener, aunque es posible realizar inferencias estadísticas basadas en la distribución del tamaño de los reservorios para los cuales se dispone de datos. Además, los reservorios se crean por una variedad de razones que influyen sobre la disponibilidad de los datos y, por consiguiente, la incertidumbre en el área de la superficie depende de las condiciones específicas del país.

3a.2 Tierras convertidas en tierras inundadas

A partir de los conocimientos reales, para las *Tierras convertidas en tierras inundadas* se sugiere utilizar las emisiones medidas del Cuadro 3a.2. Para estimar las emisiones de CH₄ de esta categoría, los compiladores del inventario deben emplear los métodos de Nivel 1, Nivel 2 y Nivel 3 descritos en la Sección 3a.1.

Referencias

- Abril, G., Guérin, F., Richard, S., Delmas, R., Galy-Lacaux, C., Gosse, P., Tremblay, A., Varfalvy, L., dos Santos, M.A. and Matvienko, B. (2005). Carbon dioxide and methane emissions and the carbon budget of a 10-years old tropical reservoir (Petit-Saut, French Guiana), *Global Biogeochemical Cycle*, **19**, doi:10.292005GB002457.
- Blais, A.-M. (2005). Étude des gaz à effet de serre en milieux aquatiques Relevés de terrain 2005. Rapport d'Environnement Illimité à Hydro-Québec Production. 30 p. and annexes.
- Delmas, R., Richard, S., Guérin, F., Abril, G., Galy-Lacaux, C., Delon, C. and Grégoire, A. (2005). Long Term Greenhouse Gas Emissions from the Hydroelectric Reservoir of Petit Saut (French Guiana) and Potential Impacts. In Tremblay, A., L. Varfalvy, C. Roehm and M. Garneau (Eds.). Greenhouse gas Emissions: Fluxes and Processes, Hydroelectric Reservoirs and Natural Environments. Environmental Science Series, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, pp. 293-312.

- dos Santos, M.A. (2000). Inventário emissões de gases de efeito estufa derivadas de Hidrelétricas, PhD. Dissertation, University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil, 154p.
- Duchemin, E., Lucotte, M., Canuel, R. and Soumis, N. (2006). First assessment of CH₄ and CO₂ emissions from shallow and deep zones of boreal reservoirs upon ice break-up, *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, **11**:9-19.
- Duchemin, É. (2000). Hydroelectricity and greenhouse gases: Emission evaluation and identification of biogeochemical processes responsible for their production, PhD. Dissertation, Université du Québec à Montréal, Montréal (Québec), Canada, 321 p (available on CD-ROM).
- Duchemin, É., Lucotte, M., Canuel, R. and Chamberland, A. (1995). Production of the greenhouse gases CH₄ and CO₂ by hydroelectric reservoirs of the boreal region, *Global Biogeochemical Cycles*, **9**, 4, 529-540.
- Duchemin, É., Lucotte, M., Canuel, R., Almeida Cruz, D., Pereira, H.C., Dezincourt, J. and Queiroz, A.G. (2000). Comparison of greenhouse gas emissions from an old tropical reservoir and from other reservoirs worldwide, *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, **27**, 3, 1391-1395.
- Duchemin, É., Canuel, R., Ferland, P. and Lucotte, M. (1999). Étude sur la production et l'émission de gaz à effet de serre par les réservoirs hydroélectriques d'Hydro-Québec et des lacs naturels (Volet 2), Scientific report, Direction principal Planification Stratégique - Hydro-Québec, 21046-99027c, 48p.
- Galy-Lacaux, C. (1996). Modifications des échanges de constituants mineurs atmosphériques liées à la création d'une retenue hydroélectrique. Impact des barrages sur le bilan du méthane dans l'atmosphère, PhD dissertation, Université Paul Sabatier, Toulouse (France), 200 p.
- Galy-Lacaux, C., Delmas, R., Jambert, C., Dumestre, J.-F., Labroue, L., Richard, S. and Gosse, P. (1997). Gaseous emissions and oxygen consumption in hydroelectric dams: a case study in French Guyana, *Global Biogeochemical Cycles*, **11**, 4, 471-483.
- Galy-Lacaux, C., Delmas, R., Kouadio, G., Richard, S. and Gosse, P. (1998). Long-term greenhouse gas emissions from hydroelectric reservoirs in tropical forest regions, *Global Biogeochemical Cycles*, **13**, 2, 503-517.
- Hélie, J.F. (2004). Geochemistry and fluxes of organic and inorganic in aquatic systems of eastern Canada: examples of the St-Lawrence River and Robert-Bourassa reservoir: Isotopic approach, PhD. Dissertation, Université du Québec à Montréal, Montréal (Québec), Canada, 205p.
- Houel, S. (2003). Dynamique de la matière organique terrigène dans les réservoirs boréaux, PhD. Dissertation, Université du Québec à Montréal, Montréal (Québec), Canada, 121p.
- Huttunen, J.T., Väisänen, T.S., Hellsten, S.K., Heikkinen, M., Nykänen, H., Jungner, H., Niskanen, A., Virtanen, M.O., Lindqvist, O.V., Nenonen, O.S. and Martikainen, P.J. (2002). Fluxes of CH₄, CO₂, and N₂O in hydroelectric reservoir Lokka and Porttipahta in the northern boreal zone in Finland, *Global Biogeochemical Cycles*, **16**, 1, doi:10.1029/2000GB001316.
- International Commission on Large Dams (ICOLD) (1998). World Register of Dams 1998. Paris. International Committee on large Dams (Ed.). Metadatabase.
- Keller, M. and Stallard, R.F. (1994). Methane emission by bubbling from Gatun lake, Panama, *J. Geophys. Res.*, **99**, D4, 8307-8319.
- Lambert, M. (2002). Campagne d'échantillonnage sur les émissions de gaz à effet de serre des réservoirs et des lacs environnants - Rapport de terrain 2001. Rapport présenté à la Direction Barrage et environnement par la Direction Environnement, Hydro-Québec, 108 p and appendix.
- Rosa, L.P., Matvienko Sikar, B., dos Santos, M.A., and Matvienko Sikar, E. (2002). Emissões de dióxido de carbono e de metano pelos reservatórios hidroelétricos brasileiros, Relatório de referência – Inventário brasileiro de emissões antropicas de gás de efeito de estufa, Ministério da Ciência e tecnologia, Brazil, 199p.
- Smith, L.K. and Lewis, W.M. (1992). Seasonality of methane emissions from five lakes and associated wetlands of the Colorado Rockies, *Global Biogeochemical Cycles*, **6**, 4, 323-338
- Soumis, N., Duchemin, É., Canuel, R. and Lucotte, M. (2004). Greenhouse gas emissions from reservoirs of the western United States, *Global Biogeochem. Cycles*, **18**, GB3022, doi:10.1029/2003GB002197.
- Tavares de Lima, I. (2005). Biogeochemical distinction of methane releases from two Amazon hydroreservoirs, *Chemosphere*, (in press)

- Tavares de Lima, I. (2002). Emissao de metano em reservatorio hidreletricos amazonicos atraves de leis de potencia (Methane emission from Amazonian hydroelectric reservoirs through power laws), PhD Dissertation, Universidade de Sao Paulo, Sao Paulo, Brazil, 119 p.
- Therrien, J. (2004). Flux de gaz à effet de serre en milieux aquatiques - Suivi 2003. Rapport de GENIVAR Groupe Conseil Inc. présenté à Hydro-Québec. 52 p. et annexes.
- Therrien, J., Tremblay, A. and Jacques, R. (2005). CO₂ Emissions from Semi-arid Reservoirs and Natural Aquatic Ecosystems. *In* Tremblay, A., L. Varfalvy, C. Roehm et M. Garneau (Eds.). Greenhouse Gas Emissions: Fluxes and Processes, Hydroelectric Reservoirs and Natural Environments. Environmental Science Series, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, pp. 233-250.
- Tremblay, A., Therrien, J., Hamlin, B., Wichmann, E. and LeDrew, L. (2005). GHG Emissions from Boreal Reservoirs and Natural Aquatic Ecosystems. *In* Tremblay, A., L. Varfalvy, C. Roehm and M. Garneau (Eds.). Greenhouse gas Emissions: Fluxes and Processes, Hydroelectric Reservoirs and Natural Environments. Environmental Science Series, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, pp. 209-231.
- WCD (2000). Dams and Development a New Framework for Decision-Making, The report of the World Commission on Dams, Earthscan Publications Ltd, London and Sterling, VA, 356 p.