

20 - 70

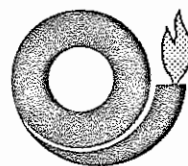
(1440)

OLADE
Organización Latinoamericana de Energía
CENTRO DE INFORMACION



ORGANIZACION LATINOAMERICANA DE ENERGIA

PROGRAMA REGIONAL DE BIOGAS 1980



olade

ORGANIZACION LATINOAMERICANA DE ENERGIA

PROGRAMA REGIONAL DE BIOGAS

Contenido:

- I. Antecedentes
 - II. Introducción
 - III. Generalidades sobre el estado actual del Biogas en América Latina
 - IV. Participación del Biogas en el desarrollo energético de América Latina
 - V. Metodología
 - VI. Contenido del Programa
 - 1. Generalidades
 - 2. Estudios de reconocimiento
 - 3. Estudios preliminares y diseño de instalaciones
 - 4. Ejecución
 - 5. Puesta en marcha y operación
 - 6. Adiestramiento y divulgación
 - 7. Evaluación general y seguimiento
 - 8. Presupuesto
 - 9. Cronograma
-
- Anexo 1: Bolivia: Potencial Nacional para la producción de Biogas y Bioabono.
 - Anexo 2: Honduras: Potencial Nacional para la Producción de Biogas y Bioabono.
 - Anexo 3: Guyana: Potencial Nacional para la Producción de Biogas y Bioabono.
 - Anexo 4: - Jamaica: Potencial Nacional para la Producción de Biogas y Bioabono.
 - Anexo 5: Nicaragua: Potencial Nacional para la Producción de Biogas y Bioabono.

- Anexo 6: Haití: Potencial Nacional para la Producción de Biogas y Bioabono.
- Anexo 7: Cálculo del Factor Combinado de Producción de Biogas a partir de desechos vegetales.
- Anexo 8: Cálculo del Factor Combinado de Producción de Biogas a partir del estiércol de ganado

Programa 1980

- AREA: Desarrollo de Proyectos Técnicos y Transferencia de Tecnología
- PROGRAMA: Producción Demostrativa de Biogas y Bioabono en el medio rural
- OBJETIVO: Demostrar el aprovechamiento de los desechos orgánicos mediante la fermentación anaeróbica para:
- a. Producción de combustibles (biogas)
 - b. Producción de nutrientes orgánicos (bioabono)
 - c. Mejoramiento de los aspectos sanitarios y ecológicos del medio rural
- DESCRIPCION: La implantación de 60 unidades en 6 países, con diferentes diseños, capacidades y funciones, utilizando distintos tipos de materia prima disponible.
- METAS: Mediante la construcción de 60 unidades, se pretende:
- a. Motivar y capacitar técnicamente al personal contraparte de organismos ejecutores del programa
 - b. Adiestrar en la tecnología integral al usuario de la planta.
 - c. Mantener un seguimiento de OLADE y la contraparte para asegurar el debido funcionamiento y difusión de los sistemas que permita la continuación y ampliación de los programas nacionales.
 - d. Evaluar técnica y socio-económicamente los resultados, a fin de definir las mejores alternativas para cada país y afirmar el programa rural de OLADE.
- BENEFICIARIO: Bolivia, Guyana, Honduras, Jamaica, Nicaragua y Haití.
- DURACION: 12 meses

REALIZACION: El proyecto estará a cargo de organismos nacionales que cada gobierno designe y los expertos provenientes de la región, bajo la coordinación de OLADE.

I. ANTECEDENTES

Si bien es cierto que los problemas del medio rural latinoamericano, y de las capas marginadas, no son de carácter puramente energético, la solución de los mismos está necesariamente ligada a la estructura global, en que la energía juega un papel importante.

La fuentes convencionales de energía, que por largo tiempo seguirán siendo la parte más importante de los balances energéticos en los países, tienen algunas restricciones para su utilización en las áreas mencionadas, tales como:

- El suministro a escala nacional de esta energía requiere altas inversiones de capital.
- No existe una adecuada infraestructura (vías de comunicación, vehículos de transporte y medios de almacenaje).
- Alto costo en el transporte de combustible.
- Prioridad de otros factores de desarrollo (salud, educación, etc.)

Luego de la crisis petrolera en que la limitación en el suministro de energía convencional se hizo palpable, se consideró pertinente dar un impulso importante al desarrollo y utilización de fuentes renovables y no convencionales de energía, ya que, permiten suministrar energía en las condiciones rurales y en base a costos competitivos o menores que las fuentes convencionales.

Todo esto conduce al planteamiento de un modelo de aprovechamiento energético que se base en el potencial integral de los recursos existentes, ya sea que estén subaprovechados o desperdiciados.

El desarrollo e implementación local de tecnologías de aprovechamiento de las llamadas fuentes no convencionales de energía contribuiría significativamente en la solución parcial de los problemas energéticos.

Los resultados ya alcanzados, y los esfuerzos que se realizan en el orden internacional, indican que el número creciente de aplicaciones, así como de la reducción de los costos de fabricación y mantenimiento observados, amplían la posibilidad de aplicación de las fuentes no convencionales de energía. Entre ellas, se consideran las siguientes:

- Solar, Eólica, Biomasa, Pirólisis, Alcohol, Biogas, Carbón Vegetal, Briquetas, Leña, Pequeñas Centrales Hidroeléctricas.
- Geotermia, Esquistos Bituminosos, etc.

Las opciones antedichas permitirían ahorrar el consumo de energía convencional. Adicionalmente, en el caso de la Biomasa, se obtendrá la reducción en pérdida del recurso forestal para fines energéticos principalmente en el medio rural.

El Convenio Constitutivo de OLADE, firmado en Lima, Perú el 2 de Noviembre de 1973, contempla como objetivos fundamentales la promoción, coordinación y orientación a los Estados Miembros con relación a nuevas fuentes de energía; coordinar esfuerzos para optimizar los recursos técnicos, humanos y financieros y establecer un continuo intercambio de experiencias y apoyos multilaterales entre los países.

II. INTRODUCCION

En la mayoría de los países de la región, principalmente en las áreas de menor desarrollo, se utiliza leña y desechos agropecuarios como fuentes de energía. Su volumen de consumo, en términos de energía comercial, representa alrededor del 30% de la energía total utilizada.

Haciendo un estudio regional PNUD-OLADE estimaron que en el año 1975 se extrajeron; para utilizarlos como energéticos, alrededor de 230 millones de toneladas de madera de bosques y montes que cubrían una superficie de aproximadamente 2.7 millones de hectáreas, o sea el 0.27% de la masa boscosa existente en aquel año, proveniente del 0.26% de la superficie cubierta por este recurso natural renovable.

Las magnitudes antedichas, corresponden a un año de explotación de la masa boscosa de la región, permiten inferir los niveles de deforestación con fines energéticos exclusivos que tienden a satisfacer la demanda en el área rural.

Por otra parte, teniendo en cuenta las restricciones ocasionadas por el alto costo de combustibles convencionales y su transporte, es lógico suponer la continuación de la devastación de los recursos forestales con las consecuencias ambientales previsibles.

Ahora bien, en el medio rural existen gran cantidad de desechos orgánicos de origen animal y vegetal, los cuales son utilizados parcialmente e ineficientemente como combustible doméstico o son aplicados a los terrenos de cultivo sin un tratamiento adecuado produciendo un escaso poder fertilizante y ocasionando contaminación del medio ambiente con grave incidencia en los niveles de salubridad.



Estos desechos, pueden ser tratados mediante el proceso de fermentación anaeróbica para obtener un combustible gaseoso (Biogas) y un fertilizante orgánico de alta calidad respecto al uso directo de los desechos (Bioabono), eliminando al mismo tiempo una gran parte de los patógenos originales, reduciendo los niveles de contaminación ambiental. El uso racional de este proceso tecnológico permitiría, en consecuencia obtener las siguientes ventajas:

- La disminución de la presión sobre los recursos forestales utilizados como fuente de energía a través de la transformación de desechos domésticos y residuos agrícolas, pecuarios (estiércoles) y agroindustriales (pulpas, bagazos, etc.) para la producción de biogas y bioabono.
- Atenuación de la contaminación ambiental y mejoramiento de la salud rural.
- Conservación de la masa boscosa de protección de las cuencas y de mantenimiento de un cierto equilibrio en los ecosistemas.
- Utilización integral de los desechos y residuos en el mejoramiento de los suelos agrícolas.
- Mejoramiento de la calidad de vida.

III. GENERALIDADES SOBRE EL ESTADO ACTUAL DEL BIOGAS EN AMERICA LATINA.

La experiencia concreta sobre el biogas en América Latina se registra tanto en el campo de la investigación como en el de la producción.

Así en 1953 en Guatemala se inició un programa de investigación en el sector privado sobre degradación de desechos agropecuarios

y agroindustriales. Los últimos avances reportados en el año de 1979 corresponden a la degradación de serrín de madera para la producción comercial de biogas.

Cabe también destacar las experiencias e investigaciones que reportan grupos e instituciones de México (1976), Brasil (1960), Perú (1977), Colombia (1954), Panamá (1978), El Salvador (1978), Argentina (1976), Jamaica (1976) y otros. Sin embargo, el apoyo a la investigación y desarrollo de este campo, como programas nacionales, aún no existe.

Respecto a la producción propiamente dicha, la experiencia latinoamericana ha desarrollado dos tipos de tecnologías: el método por lotes y en forma discontinua (batch) y el método de carga continua.

Un detalle, sujeto a ser actualizado, de los digestores existentes, se puede resumir de la siguiente manera, citando los países en orden de antigüedad:

Guatemala (1953). Se han construido 9 digestores de 3 a 12 metros cúbicos para ser utilizados, 1 como demostrativo y el resto con fines sanitarios, en comunidades rurales, produciendo biogas y bioabono para el uso comunal. Además, 14 digestores para el uso industrial, con tamaños que oscilan de los 45 a los 600 metros cúbicos, todos instalados con fines productivos (biogas destinado para la producción agroindustrial o comercial (bioabono para ser comercializado). Todos los digestores han sido construidos por la iniciativa privada.

Colombia (1962). Empresas municipales construyeron 3 digestores con fines sanitarios de 4 a 12 metros cúbicos, para ser usados en guarderías de niños o en establos. La universidades han construido 2 digestores para investigación, de 5 a 8 metros cúbicos de volumen y el Cenicafe ha construido uno metálico de 7 metros cúbicos.

México (1974). Se han hecho pequeñas plantas de 3 a 12 metros, hasta plantas de tamaño industrial (de 40 a 450 metros cúbicos), en un número aproximado de 80 unidades, independientemente de los usados desde hace 40 años para estabilizar lodos de drenajes aunque sin la finalidad de aprovechar biogas.

Brasil (1973). Además de distintos digestores contruídos con fines de investigación en diversas universidades, existe también un número no conocido de digestores de distintos tamaños en el área rural agrícola e industrial con fines productivos. Programas estatales han contruído plantas de tamaños pequeños usados en frigoríficos de leche, así como 7 digestores de gran escala para digerir subproductos de la industria del alcohol y agricultura.

Adicionalmente, se puede citar que desde la década del 30, en el Estado de Sao Paulo se tratan las aguas negras de la ciudad pero hasta recientemente se extrajo el biogas con fines de consumo. También, en Rio de Janeiro, el 50% del gas de uso doméstico, proviene del biogas de los aterros sanitarios.

Ecuador (1975). Instituciones de servicio comunal han contruído 4 plantas con fines sanitarios y domésticos en el área rural, con capacidades de 8 a 40 metros cúbicos. Actualmente ninguna está en producción, por razones de falta de interés de los campesinos y por el bajo costo de los combustibles.

Argentina (1975). La Universidad y el Estado han contruído 4 plantas de mediana a pequeña escala con fines combinados de producción y divulgación.

Jamaica (1978). La iniciativa privada tiene 2 plantas de 4 a 7 metros cúbicos para reducir problemas sanitarios y producir gas de uso doméstico.

El Salvador (1978). La Universidad e instituciones de servicio construyen 2 plantas de 8 a 12 metros cúbicos para ser usados en una comunidad rural y en una lechería.

Panamá (1979). Se construyó una planta de 14 metros cúbicos en un instituto educativo con fines divulgativos. Anteriormente existieron dos digestores de 40 metros cúbicos cada uno, para tratamiento de aguas negras, en el Fuerte Davis de la Zona del Canal, pero no se utiliza el gas.

Perú (1980). Se ha construido una planta de 10 metros cúbicos y otras dos plantas de igual tamaño en proceso de construcción, todas con fines demostrativos en el área rural.

IV. PARTICIPACION DEL BIOGAS EN EL DESARROLLO ENERGETICO DE AMERICA LATINA

El biogas está considerado como recurso secundario porque se obtiene a partir del proceso de transformación de residuos vegetales, pecuarios y agroindustriales, así como las heces y orín humanos y resíduos urbanos. Este concepto se fundamenta en que la energía es un subproducto de las actividades mencionadas.

El poder calórico del biogas es del orden de 5,000 Kcal. por metro cúbico y su rendimiento -en función del volumen en materia sólida seca digerible- oscila entre 37 y 60 por ciento según el tipo de materia orgánica que se trate. A los valores citados corresponden distintos residuos en distintos tipos de digestores de tratamiento.

A nivel de cifras preliminares se puede mencionar que estudios realizados por el PNUD-OLADE se estimaron las cantidades totales de residuos provenientes de la actividad vegetal, pecuaria y agroindustrial, a nivel de la región, que pueden ser utilizados para la generación de

biogas. Las cifras resultantes, intencionalmente se refieren al total de residuos agrícolas, siendo en consecuencia cifras teóricas optimistas en términos del potencial de su uso en la producción de biogas. A partir de aquellas se estimaron los posibles volúmenes de producción de biogas, expresados en toneladas equivalentes de petróleo (tep), para los años 1985 y 1995 (corto y mediano plazo), considerando un 60% de rendimiento en base a materia seca y sin tomar en cuenta las posibles pérdidas (ver cuadro siguiente).

PRODUCCION ESTIMADA DE BIOGAS EN LATINOAMERICA, POR DISTINTOS RESIDUOS
DE t.e.p.

AÑO	Resíduos Vegetales	Resíduos Pecuarios	Resíduos Agroindustriales	TOTAL
1985	17.67	26.34	1.49	45.50
1995	30.30	37.20	2.35	69.85

Fuente: Distintos cuadros del Estudio de Requerimientos Futuros en el uso de Fuentes no Convencionales de Energía en América Latina PNUD-OLADE, 1979.

Si a los valores citados se les aplica el precio actual del barril de petróleo en la región (U.S.\$ 30.00 ó sea U.S.\$ 231.53 la tonelada) se infiere un valor de producción de U.S.\$ 10,534 millones para el año de 1985 y de U.S.\$ 16,172 millones para 1995, respectivamente.

Por lo tanto, teniendo en cuenta que las estimaciones de la demanda total de energía en la región (fundamentalmente convencional) se sitúa en el orden de unos 529 millones de t.e.p. para 1985 y de 949 de t.e.p. para 1995 (considerando un crecimiento anual del 6% en la demanda de energéticos totales), se desprende que el biogas podría participar con el 8.6 y un 7.4 por ciento, respectivamente, en satisfacción de aquella.

Asimismo, si se considera que la demanda de energía que debería ser satisfecha a partir del uso de los recursos forestales de la región se ubica en el orden de los 75.89 y 83.83 millones de t.e.p. para los años de 1985 y 1995, respectivamente, la incorporación del uso del biogas en las magnitudes previstas implica que la utilización de los productos del bosque con fines energéticos podría producirse en un 60 y un 79 por ciento, respectivamente, en los años de referencia citados.

Otra forma muy importante para considerar la participación del biogas en el desarrollo energético, se puede mencionar la relación directa que existe entre el bioabono, como la mejor fuente renovadora de la vida microbiana de los suelos, y la regeneración de la capa vegetal. Tanto la reforestación como la explotación agropecuaria conservacionista (que recircule sus desechos) permiten mantener y/o regenerar el potencial hidroeléctrico, principalmente de la zona tropical de la Cordillera de Los Andes. Esta cordillera presenta dos vertientes, la Occidental que vierte sus aguas al Océano Pacífico, y la Oriental a los ríos de La Plata, Amazonas y al Océano Atlántico. En la zona tropical (Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia, Panamá, Costa Rica, Nicaragua, Honduras, El Salvador, Guatemala, y México) de la mencionada cordillera, llueve copiosamente, formando los arroyos, quebradas y ríos que descienden desde las alturas (una altura máxima promedio de 4 000 metros). Para fines energéticos, se sabe que un metro cúbico de agua que desciende un metro, genera 7 Kw. Ello da una idea del enorme potencial hidroeléctrico que existe en Latinoamérica, el que se está reduciendo paulatinamente debido a la deforestación, principalmente, así como a las deficiencias prácticas de cultivo de cosechas.

Para el buen aprovechamiento y conservación de este recurso hidroeléctrico se requiere un programa de cobertura vegetal del área de captación de aguas lluvias, o sea en todas las cuencas hidrográfi-

cas. Dicho programa de cobertura y protección consiste en la implantación del tipo de agricultura que permita la conservación y mejoramiento de suelos, para sustituir los métodos tradicionales que son destructivos.

V. METODOLOGIA

Bajo la coordinación de OLADE se integrarían las experiencias realizadas sobre el tema por los Estados Miembros a fin de seleccionar las tecnologías más adecuadas para su difusión futura.

Se promoverá la realización de estudios a corto, mediano y largo plazo, evaluado previamente los recursos disponibles, tanto de residuos agropecuarios y de materias primas que puedan destinarse a la construcción, como de la capacidad instalada para la adecuada implementación de los programas determinados a partir de estimaciones de la demanda regionalizada de energéticos y de los estudios correspondientes a las posibles sustituciones con la producción de biogas. Se determinarán las posibles estrategias de motivación y de transferencia de tecnología a nivel rural, para su uso tanto en el nivel doméstico como en el productivo.

Se destaca la importancia de no subestimar las tradiciones y costumbres de la población rural, pues la aceptación de los sustitutos energéticos depende de los métodos de comunicación social que se usen. Las instituciones nacionales responsables de programas comunales tienen gran importancia en el diseño y ejecución de este tipo de programas. Además, debido a que este programa incide directamente en el desarrollo rural (energía, abonos orgánicos, salud pública, equilibrio ecológico, etc.) integra el trabajo de distintas instituciones.

Por ello OLADE se propone mantener una estrecha relación con las Instituciones estatales y regionales responsables designados por los Estados Miembros, a fin de garantizar el impacto deseado.

VI. CONTENIDO DEL PROGRAMA

1. Generalidades

Con el principal objetivo de reducir a un mínimo las variables que han producido resultados adversos con plantas de biogas en experiencias conocidas, se requiere considerar algunas constantes que deben seleccionarse para garantizar el éxito y la adecuada difusión de los resultados.

- a. Las Instituciones nacionales participantes deben ser idóneas y suficientemente motivadas, pues serán las responsables contraparte que ejecutarán el programa con la asesoría de OLADE.
- b. Los climas elegidos deben ser tropicales y cálidos para asegurar las temperaturas mínimas de digestión, necesaria para una buena fermentación y adecuada generación de biogas y bioabono.
- c. Los residuos agropecuarios que se usarán en esta fase inicial, serán fundamentalmente mezclas de estiércoles de ganado y restos de cosechas de cereales, que constituyen materiales de fácil degradación.
- d. La ubicación de la localidad debe ser estratégica que facilite el acceso para la divulgación conveniente, además de disponer de materiales locales para la construcción y de fuentes de agua suficientes para este fin (pozo, río, etc.). Preferiblemente, por fines de impacto, es conveniente que no tenga acceso al suministro energético (luz eléctrica, combustibles, etc.).
- e. El usuario elegible debe ser una persona que cuente con el apoyo y respeto de su comunidad y con la responsabilidad que garantice la dedicación requerida para la ope

ración, mantenimiento y difusión del uso de la planta. Además, tiene que garantizar la utilización de los productos (biogas y bioabono). Es necesario que participe con la mano de obra para la construcción y sea objeto del aprendizaje directo.

Una vez atendidos estos aspectos fundamentales, se puede iniciar el programa en sus distintas fases.

Este será iniciado en Bolivia, Honduras, Guyana, Jamaica, Nicaragua y Haití, y tendrá como objetivo la construcción de plantas piloto aplicadas a la introducción y difusión de esta tecnología.

En cada país se instalarán distintos tipos de plantas adecuadas a las condiciones rurales particulares, usando las tecnologías eficientes en la actualidad, (china, guatemalteca y mexicana, entre otras).

2. Estudio de Reconocimiento

OLADE requerirá del apoyo de los organismos públicos involucrados en el tema, de los Estados Miembros beneficiarios del programa, para la realización de un estudio de reconocimiento tendiente a determinar la ubicación de las plantas piloto de biogas.

Esta fase comprenderá:

- Determinación de las variables climáticas y del medio ambiente.
- Identificación de los residuos vegetales, pecuarios, agroindustriales y domésticos.
- Zonificación en términos de localización, volumen y continuidad de suministro de los residuos.

- Establecimiento de los niveles y épocas de recuperación
- Conocimiento de la estructura y funcionamiento socio-económico de las comunidades involucradas
- Determinación de las variables que pueden incidir significativamente en la aceptación de las plantas de biogas.
- Conocimiento respecto a la aplicación potencial del biogas a partir del análisis de la estructura de consumo.
- Analizar los requerimientos actuales y estimar los potenciales, respecto a la utilización de bioabono.
- Análisis de la disponibilidad de materiales y mano de obra locales para la construcción
- Evaluación de la situación sanitaria de la comunidad
- Cuantificar los recursos energéticos actuales.

En este estudio participarán, un economista, un antropólogo y la coordinación del equipo técnico de OLADE. Su duración a nivel de cada país, se estima será de dos meses a partir del momento en que se tenga preparado el personal profesional, equipo, vehículos, etc.

3. Estudio preliminar y diseño de instalaciones

El estudio de reconocimiento servirá de referencia para la elaboración del estudio preliminar. Una vez seleccionado el organismo nacional responsable del seguimiento del proyecto, con la participación de sus respectivos cuadros técnicos, OLADE en su calidad de coordinador, seleccionará los expertos encargados de definir el tipo de planta de biogas y la tecnología para su producción, partiendo de:

- a. Pruebas de laboratorio para realizar análisis químicos, condiciones de prefermento y calidades metanogénicas de los residuos a ser utilizados.

- b. Estimar la digestibilidad de las materias disponibles para definir mezclas y diluciones óptimas.
- c. Condiciones y requisitos de las técnicas y materiales de construcción.
- d. Análisis cualitativos y cuantitativos del biogas y bioabono producido a escala de laboratorio.
- e. Características de las localidades en las que se instalarán plantas piloto de biogas, considerando los distintos residuos y tecnología de digestión.

Una vez que se completó esta fase, y conforme proceda, se continuará con los pasos siguientes:

- a. Diseño de las plantas de biogas
- b. Cálculo de los materiales de construcción
- c. Cálculo del equipo de instalación y utilización de los productos (depósitos, tuberías de conducción, estufas, etc.).
- d. Determinación de personal necesario.
- e. Cálculo de costos detallados.
- f. Selección de métodos de adiestramiento para el personal que ejecutará las obras.
- g. Elaboración del cronograma de operaciones y gastos.

Estas dos fases tendrán una duración de 3 meses

4. Ejecución

La fase de ejecución en la instalación de las plantas piloto de biogas comprende los aspectos de selección y capacitación del per-

sonal para la ejecución de la obra física (con participación del técnico nacional y su equipo, y de los usuarios), compra de materiales de construcción de la obra, control y supervisión de las distintas operaciones por el organismo nacional, bajo la coordinación de OLADE.

Esta tendrá una duración de 4 meses

5. Puesta en marcha y operación

Esta fase comprenderá la carga de prueba de los digestores y el ajuste de los parámetros de operación hasta alcanzar un funcionamiento adecuado. En esta fase también se realizará el entrenamiento del personal técnico nacional con participación del usuario.

6. Adiestramiento y divulgación

La fase de entrenamiento y divulgación comprende fundamentalmente:

- a. Promoción local y regional del modelo prototipo para divulgar su construcción.
- b. Elaboración de un manual que detallará los aspectos técnicos y de operación de las plantas de biogas.
- c. OLADE conjuntamente con las instituciones comunales definirán las estrategias de divulgación, implementarán la primera etapa de la misma. En esta fase se comprenderá el estudio de mecanismos que permitan la divulgación regional.

7. Evaluación general y seguimientos.

Durante el transcurso de todas las etapas del proyecto se realizará una evaluación permanente la cual será detallada en informes

técnicos parciales al término de cada una de las etapas. Después se hará un informe final donde se evalúen los resultados obtenidos en los aspectos técnicos, económicos, sociológicos y ecológicos.

Al concluir las etapas mencionadas, OLADE dejará bajo la responsabilidad de cada Estado Miembro la continuación del programa nacional de biogas, actuando a nivel de organismo consultor.

8. Presupuesto

El presupuesto estimado para la realización del programa de establecer plantas piloto de biogas en cada país, se divide en el aporte externo que corresponde a OLADE y el aporte local que las instituciones nacionales deben procurar.

Su desagregación es la siguiente:

MESES

[illegible]

ANEXO 1: Bolivia: Potencial Nacional para la Producción de
Biogas y Bioabono.

La República de Bolivia ocupa un área territorial de 1 098 581 Km² con una población de 4 889 000 habitantes (1978)*, de los cuales el 51.1% se encuentran en el área rural. El 32.85% de su población participa de las actividades económicas de la cual el 51% se dedica a la actividad agropecuaria. Es importante mencionar que el 80% de la población vive en la región andina, a más de 3 000 metros de altitud. El producto interno bruto para 1977 fue de 2 230 6 millones de dólares de 1976, de los cuales el 16% correspondió a la actividad agropecuaria. La actividad manufacturera, sin incluir la refinación petrolera, contribuyó con más del 40%.

La actividad agrícola se dedica a la producción de algodón, avena, bananos, batatas, ñames, cacao, café, cebada, cebollas, cítricos, guisantes, papas, soya, tomates, uvas, arroz, caña de azúcar, caucho natural, ciruelas, habas, higos, maíz, maní, manzanas, melocotones, peras, piñas, tabaco, trigo y yuca.

La actividad ganadera cuenta con la producción de caballos, asnos, mulas, ovejas, bovinos, cerdos, gallinas, cabras, llamas, alpacas, vicuña, chinchilla, zorrerojo.

Su clima es muy variante, según la altura. Se caracterizan tres zonas: la "tierra caliente" de los llanos, con temperatura media de 25°C; la "tierra templada" de los valles andinos, entre 2 000 y 3 000 metros de altura, con una temperatura promedio de 10°C y alturas sobre el nivel del mar que van de los 3 000 a los 4 000 metros. Por encima de esta altura el clima es muy frío y a los 5 400 metros empieza la región de las nieves perpetuas.

* Boletín Estadístico FAO N° 32 - 1978

En La Paz la temperatura varía de -3.5°C , en junio, a 24.5°C , en noviembre. Al este de la cordillera Oriental llueve todo el año. La estación seca es de noviembre a enero, con un invierno de junio a agosto. Las lluvias se presentan de octubre a marzo. La precipitación pluvial en La Paz es de 600 milímetros anuales.

El Anexo 7 y 8 resume los cálculos que sirvieron de base para reducir la producción de cosechas y el número de cabezas de ganado, a residuos y su equivalente en biogas.

El Cuadro 1, inscrito a continuación, presenta un detalle de la producción agrícola incluyendo únicamente los cultivos que producen desecho con mayor rendimiento de biogas. A pesar de que todos los desechos orgánicos son biodegradables, sólo serán considerados aquellos de mayor facilidad y acceso para su utilización. Este cuadro resume los valores equivalentes de producción total de biogas al año (millones de metros cúbicos) así como un estimativo de la producción verdadera obtenible, en base a un 70 por ciento de eficiencia de consumo. Esta producción de biogas se redujo a su valor equivalente en kilocalorías

Cuadro 1: Producción agrícola (1978) de Bolivia y su valor equivalente en biogas y kilocalorías

Cultivo	Producción Anual (Miles de toneladas)	Producción equivalente de Biogas		Valor Energético (Kcal x 10^9)
		Total ($\text{m}^3 \times 10^6$)	Utilizable ($\text{m}^3 \times 10^6$)	
Trigo	60	10.86	7.60	38.01
Arroz	89	13.44	9.41	47.04
Cebada	75	11.33	7.93	39.64
Maíz	331	43.36	30.35	151.76
Frijol	2	0.10	0.07	0.35
Haba	11	1.11	0.78	3.89
Soya	26	1.30	0.91	4.55
Maní	18	0.90	0.63	3.15
Café	22	1.10	0.77	3.85
Tabaco	2	0.21	0.15	0.74
TOTAL			58.60	292.98

El Cuadro 2 resume la población de ganado de Bolivia, reducidos a su equivalente en millones de metros cúbicos de biogas por año (partiendo de la producción recuperable de estiércol, anexo 7), y reducido al valor de utilización de biogas, considerando un 70 por ciento de eficiencia de almacenamiento, con su valor relativo de Kilocalorías (en miles de millones)

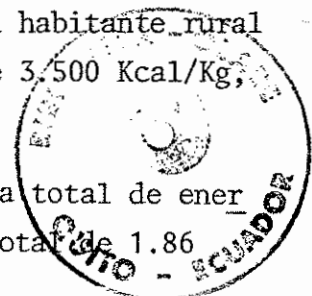
Cuadro 2: Población de ganado de Bolivia y su producción equivalente de biogas, a partir del estiércol recuperable, con su valor energético en Kilocalorías

Clase de Ganado	Nº de cabezas (en miles)	Producción equivalente de Biogas		Valor Energético (Kcal x 10 ³)
		total (millones m ³)	utilizable (70% ef. (m ³ x 10 ⁶))	
Equino	1238	371.4	259.98	1299.90
Bovino	3772	301.76	211.23	1056.16
Porcino	1351	675.5	472.85	2364.25
Ovino	8462	423.1	296.17	1480.85
Caprino	2946	147.3	103.11	515.55
Aviar	8559	32.24	23.97	119.83
TOTAL			1367.31	6836.54

Considerando el valor total de producción de biogas por año (en millones de metros cúbicos), partiendo de desechos agropecuarios, se tiene un valor utilizable de 1425.9 millones, que reducidos al consumo por habitante rural por año, equivale a 570.76 metros o sean 7818.59 Kcal/habitante rural/día.

Se estima que la demanda energética media del habitante rural es de 3 Kg de leña por día. La leña tiene un valor de 3.500 Kcal/Kg, lo que corresponde a una demanda diaria de 10500 Kcal.

El biogas participa en un 74.46% de la demanda total de energía en el medio rural. Esto equivale a sustituir un total de 1.86



millones de kilogramos de leña al día o sean 679 millones de kg. al año.

Basados en los volúmenes de cosechas agrícolas producidas, que se reportan en el Cuadro No. 1, se puede estimar la cantidad de residuos aprovechables, para ser utilizados en la digestión anaeróbica. El Anexo 2 sirve de base, para calcular estas cantidades que representan volúmenes sólidos transformables a abono orgánico o bioabono. El Cuadro No.3 representa el valor equivalente de cosechas transformada a bioabono sólido (despreciando el volumen considerable de abono líquido recuperable, equivalente a un 20% del total).

CUADRO 3 : RECUPERACION DE BIOABONO SOLIDO, PARTIENDO DEL VOLUMEN TOTAL DE DESECHOS UTILIZABLES EN LA AGRICULTURA

CULTIVO	COSECHA PRODUCIDA (MT)	DESECHOS RECUPERABLE (%) (MT)	PERDIDA EN DIGESTION ANAEROB. (%) (MT)	VOLUMEN BIOABONO (MT)
Trigo	60	65 39.0	20 7.8	31.2
Arroz	89	54 48.1	20 9.6	38.5
Cebada	75	50 37.5	20 7.5	30.0
Maíz	331	47 155.6	15 23.3	132.3
Frijol	2	24 0.5	15 0.1	0.4
Haba	11	48 5.3	15 0.8	4.5
Soya	26	24 6.2	15 0.9	5.3
Maní	18	24 4.3	15 0.6	3.7
Café	22	56 12.3	15 1.8	10.5
Tabaco	2	45 0.9	15 0.1	0.8
T O T A L				257.2

En el Cuadro 4 siguiente se estima el volumen de bioabono sólido obtenible del ganado reportado en el Cuadro No. 2 y estiércol producido, basado en el Anexo 3. Se desprecia el volumen de bioabono líquido únicamente para fines comparativos de sólidos, a pesar de representar un volumen considerable.

CUADRO 4: RECUPERACION DE BIOABONO SOLIDO (MT) PARTIENDO DEL ESTIERCOL
PRODUCIDO POR LAS DISTINTAS ESPECIES DE GANADO

TIPO DE GANADO	No. DE CABEZAS (M)	PRODUCCION ESTIERCOL/AÑO (MT)	ESTIERCOL RECUPERABLE (%) (MT)	PERDIDAS EN DIGEST. ANAEROB. (%) (MT)	VOLUMEN BIOABONO (MT)
Equino	1,238	6,190.0	30 1,857.0	20 371.4	1,485.6
Bovino	3,772	22,632.0	9 2,036.9	20 407.4	1,629.5
Porcino	1,351	4,053.0	60 2,431.8	50 1,215.9	1,215.9
Ovino	8,462	6,769.6	20 1,353.9	70 947.7	406.2
Aviar	8,559	256.8	70 179.8	60 107.9	71.9
Caprino	2,946	2,356.8	20 417.4	70 330.0	141.4
T O T A L					4,950.5

MT = miles de toneladas

Los dos cuadros anteriores proporcionan una cifra de 5,207.70 MT anuales de bioabono sólido que se recuperaría de la digestión anaeróbica de los desechos agropecuarios. Si se le asigna un valor comercial equivalente al de los abonos orgánicos tipo compost, tomando como referencia el valor que tienen en otros países (Guatemala), se asume que una tonelada cuesta US \$ 60.00, el volumen total producido equivalente a US\$ 312'462,000.00 por año.

Otro aspecto interesante es que Bolivia reporta un consumo de 4,000 MT de fertilizantes químicos en 1978*. Este país no registra producción hasta ese año estas importaciones disminuirán en un 130.2% con la producción de abonos orgánicos, lo que representa un ahorro en fuga de divisas de M US\$ 1 562,310 (Estimado a US\$ 300 c/Ton de fertilizante importado).

(*) Anuario FAO de Fertilizantes 1978

Anexo 2: Honduras : Potencial Nacional para la Producción
de Biogas y Bioabono.

Honduras cuenta con 112,082 Km² de área territorial y con una población (Boletín Estadístico FAO No. 30, 1976) de 3.040,000 habitantes , de los cuales el 66.6 por ciento estan concentrados en el área rural. La población económicamente activa es el 30.9 por ciento. El producto interno bruto para 1975 fúe de 999.6 millones de dólares, de los cuales el 29.1 por ciento corresponden a la participación de la actividad agrícola y ganadera.

La agricultura se dedica a la producción de almendras, bananos, patatas y ñames, café, cítricos, frijoles, maíz, mijo, sorgo, sésamo, tabaco; también aguacates, ajos, arroz, algodón, caña de azúcar, cebolla, cocos, coles, hotalizas, henequen, magos, papas y frutas trpicales.

La actividad ganadera produce bovinos, ovejas, caballos, asnos, mulas. También gallinas.

Las principales exportaciones son de bananos y plátanos (47%) café (12%) y madera (8%).

Las principales exportaciones son de bananos y plátanos (47%) café (12%) y madera (8%).

El clima es cálido en las tierras bajas de la costa, con 31°C promedio. De los 300 a 600 metros sobre el nivel del mar tiene temperaturas que oscilan de 23 a 29.5°C.

Los anexos 7 y 8 resumen los cálculos que sirvieron de base para reducir la producción de cosechas y el número de cabezas de ganado a residuos y su equivalente en biogas.

El Cuadro 1, inscrito a continuación, presenta un detalle de la producción agrícola, incluyendo unicamente a los cultivos a pro-

ducen desechos con mayor rendimiento de biogas. A pesar de que todos los desechos orgánicos son biodegradables bajo condiciones especiales, solo se consideran aquellos que proporcionan menor problema para su fermentación. Este cuadro resume los valores equivalentes de producción total de biogas al año (millones de metros cúbicos) así como un estimativo de la producción que realmente se puede utilizar, considerando un 70% de eficiencia de consumo.

Esta producción se redujo a su valor el Kilocalorías ($\text{Kcal} \times 10^9$) por biogas utilizable.

Cuadro I. Producción Agrícola de Honduras y su valor equivalente en biogas y kilocalorías.

Cultivo	Producción Anual. (Miles Ton.)	Producción equivalente de Biogas		Valor energético ($\text{Kcal} \times 10^9$)
		Total ($\text{m}^3 \times 10^6$)	Utilizable ($\text{m}^3 \times 10^6$)	
Trigo	1	0.181	0.127	0.634
Arroz	26	3.926	2.748	13.741
Maiz	289	37.859	26.501	132.507
Sorgo	47	6.063	4.244	21.221
Frejol	48	2.400	1.680	8.400
Café verde	57	2.850	1.995	9.975
TOTALES		37.295		186.478

El cuadro 2 resumen la población de ganado que se encontraba disponible en Honduras (1876-FAO) reducidos a su equivalente en biogas al año (millones de metros cúbicos) partiendo de la producción recupe

nable de estiércol obtenido a partir de los cálculos del anexo 8), y reducido al valor de utilización de biogas, considerando 70% de eficiencia de consumo, con su respectivo valor energético, expresado en kilocalorías (miles de millones).

CUADRO 2: POBLACION DE GANADO EN HONDURAS, Y SU EQUIVALENTE EN PRODUCCION DE BIOGAS ($m^3 \times 10^6$), A PARTIR DEL ESTIERCOL RECUPERABLE CON SU RESPECTIVO VALOR ENERGETICO (KCAL $\times 10^9$)

Clase de ganado	No. de Cabezas (miles)	Producción equivalente de biogas		Valor Energético (Kcal $\times 10^9$)
		Total ($m^3 \times 10^6$)	Utilizacion ($m^3 \times 10^6$)	
Equino	447	134.10	93.87	469.35
Bovino	1,800	144.00	100.80	504.00
Porcino	522	260.00	182.00	910.00
Ovino y Caprino	63	3.15	2.2	110.25
Aviar	7,800	31.20	21.84	109.20
T O T A L			400.72	2,102.80

Considerando el valor total de producción de biogas por año, partiendo de desechos agropecuarios, se tiene un valor utilizable de 438.015 millones de metros cúbicos, que reducidos al consumo por habitante rural al año, equivale a 216.34 metros cúbicos correspondientes a 0.59 metros cúbicos por día, o sean 2,963.5 kcal/habitante rural/día. Se estima que la demanda energética media del habitante rural es de 3 kg de leña/día. Esta tiene un valor medio de 3,500 kcal/kg, lo que corresponde a una demanda diaria de 10,500 kcal.

El Biogas participa en un 28.22 por ciento de la demanda total de energéticos en el medio rural. Este equivale a sustituir un total de 1.713 millones de kilogramos de leña al día o sean 625.25 millones de kilogramos de leña al año.

Basados en los volúmenes de cosechas agrícolas producidas, que se reportan en el Cuadro Nº 1, se puede estimar la cantidad de residuos aprovechables, para ser utilizados en la digestión anaeróbica. El Anexo 2 sirve de base, para calcular estas cantidades que representen volúmenes sólidos transformables a abono orgánico o bioabono. El Cuadro Nº 3, represente el valor equivalente de cosecha transformada a bioabono sólido (despreciando el volumen considerable de abono líquido recuperable, equivalente a un 20% del total).

CUADRO 3: RECUPERACION DE BIOABONO SOLIDO, PARTIENDO DEL VOLUMEN TOTAL DE DESECHOS UTILIZABLES DE LA AGRICULTURA
(Fuente Original: Cuadro 1)

CULTIVO	COSECHA PRODUCIDA (MT)	DESECHOS RECUPERABLES (%) (MT)	PERDIDA DIGESTION ANEROB. (%) (MT)	VOLUMEN BIOABONO (MT)
Trigo	1	65 0.6	20 0.1	0.5
Arroz	26	54 14.0	20 2.8	11.2
Maiz	289	47 135.8	15 20.4	115.4
Sorgo	47	52 24.4	20 4.9	19.5
Frejol	48	24 11.5	15 1.7	9.8
Café verde	57	56 31.9	15 4.8	27.1
T O T A L				183.5

En el Cuadro 4 siguiente se estima el volumen de bioabono sólido obtenible del ganado reportado en el Cuadro Nº 2 y estiércol producido, basado en el Anexo 3. Se desprecia el volumen de bioabono líquido únicamente para fines comparativos de sólidos, a pesar de representar un volumen considerable.

CUADRO 4: RECUPERACION DE BIOABONO SOLIDO (MT) PARTIENDO DEL ESTIERCOL
PRODUCIDO POR LAS DISTINTAS ESPECIES DE GANADO

TIPO DE GANADO	No. DE CABEZAS (MT)	PRODUCCION ES TIERCOL / AÑO (MT)	ESTIERCOL RECUPERABLE (%) (MT)	PERDIDAS EN DIGEST. ANAEROB. (%) (MT)	VOLUMEN BIOABONO (MT)
Equino	447	2,235.0	30 670.5	20 134.1	536.4
Bovino	1,800	10,800.0	9 972.0	20 194.4	777.6
Porcino	520	1,560.0	60 936.0	50 468.0	468.0
Ovino y Caprino	63	50.4	20 10.1	70 7.1	3.0
Aviar	7,800	234.0	70 163.8	60 98.3	65.5
T O T A L					1,850.5

MT = miles de toneladas

Los dos cuadros anteriores proporcionan una cifra 2,034.0 (MT) anuales de bioabono sólido que se recuperaría de la digestión anaeróbica de los desechos agropecuarios. Si se le asigna un valor comercial equivalente al de los abonos orgánicos tipo compost, tomando como referencia el valor que tienen en otros países (Guatemala), se asume que una tonelada cuesta US \$60.00, el volumen total producido equivale a US\$ 122'040,000.00 al año.

Otro aspecto interesante es que Honduras reporta un consumo 27,900 MT de fertilizantes químicos en 1978*. Este país no registra producción hasta ese año, estas importaciones disminuirán en un 7.3% con la producción de abonos orgánicos, lo que representa un ahorro en fuga de divisas de M US\$ 610,200 (Estimado a US\$ 300 c/Ton de fertilizante importado)

(*) Anuario FAO de Fertilizantes 1978

ANEXO 3: Guyana: Potencial Nacional para la Producción
de Biogas y Bioabono.

La República de Guyana cuenta con 214,970 Km² de área territorial y con una población (1977) de 810,000 habitantes, de los cuales el 58.5 por ciento se encuentran concentrados en el medio rural. El producto interno bruto para 1975 fue de 1,184.2 millones de dólares, de los cuales, el 34.2 por ciento corresponden al sector agropecuario.

La actividad agrícola se dedica a la producción de: almendras, arroz, banano, cítricos, caña de azúcar, batatas y ñamés, maíz, piña, tomate.

La actividad ganadera cuenta con la producción de ovejas, caballos, asnos, bovinos y gallinas.

El clima de la República de Guyana es variado. A lo largo de 430 Km de costa y de 15 a 65 Km de ancho su temperatura ambiente es considerada como cálida. En esta franja se concentra el 90% de la población y su actividad fundamental es la agrícola. Las condiciones anteriores son las que definen el potencial de producción de biogas, a partir de los desechos agrícolas, pecuarios y agroindustriales, considerando la producción obtenida en su actividad durante 1976 (FAO, Boletín Estadístico No. 30 1.976)

El Anexo 5 y 6 resume, los cálculos que sirvieron de base para reducir la producción de cosechas y el número de cabezas de ganado a residuos y su equivalente en biogas.

El Cuadro 1, inscrito a continuación, presenta un detalle de la producción agrícola incluyendo los cultivos que producen desechos con mayor rendimiento de biogas. A pesar de que todos los desechos orgánicos son biodegradables, sólo serán considerados aquellos

de mayor facilidad y acceso para su utilización. Este cuadro resume los valores equivalentes de producción total de biogas al año (millones de metros cúbicos) así como un estimativo de la producción verdadera obtenible, en base a un 70 por ciento de eficiencia de consumo. Esta producción de biogas se redujo a su valor equivalente en Kilocalorías ($\text{Kcal} \times 10^9$)

Cuadro 1: Producción agrícola (1976) de Guayana y su valor equivalente en biogas y kilocalorías.

Cultivo	Producción Anual (Millones de toneladas)	Producción equivalente de Biogas		Valor Energético ($\text{Kcal} \times 10^9$)
		Total ($\text{m}^3 \times 10^6$)	Utilizable ($\text{m}^3 \times 10^6$)	
Arroz	270	40.77	28.539	142.695
Maíz	1	0.13	0.092	0.459
Café verde	1	0.05	0.035	0.175
TOTALES			28.666	143.329

El Cuadro 2 resume la población de ganado de Guyana, reducidos a su equivalente en millones de metros cúbicos de biogas por año (partiendo de la producción recuperable de estiércol, anexo 8), y reducido al valor de utilización de biogas, considerando un 70 por ciento de eficiencia de almacenamiento, con su valor relativo de Kilocalorías. (en miles de millones).

Cuadro 2: Población de ganado de Guyana y su producción equivalente de biogas, a partir del estiércol recuperable, con su valor energético en Kilocalorías

Clase de Ganado	Nº de cabezas (en miles)	Producción equivalente de Biogas		Valor Energético (Kcal x 10 ⁹)
		total (Millones m ³)	utilizable (70% ef.) (m ³ x 10 ⁶)	
Equino	4	1.2	0.84	4.2
Bovino	280	22.4	15.68	78.4
Porcino	125	62.5	43.75	218.8
Caprino y Ovino	170	8.5	5.95	29.8
Aviar	10,131	40.5	28.37	141.8
TOTAL			94.59	473.0

Considerando el valor total de producción de biogas al año (en millones de metros cúbicos), partiendo de desechos agropecuarios se tiene un valor utilizable de 123.3 millones, que reducidos al consumo por habitante rural al año, equivale a 260.12 metros o sea 3563.23 Kcal/habitante rural/día.

Se estima que la demanda energética media del habitante rural es de 3 Kg. de leña por día. La leña tiene un valor de 3,500 Kcal/Kg, lo que corresponde a una demanda diaria de 10500 Kcal.

El biogas participa en un 34% en la demanda total de energéticos en el medio rural.

Esto equivale a sustituir un total de 1.42 millones de Kilogramos de leña al día, o sean 518.3 millones de Kg. de leña al año.

Basados en los volúmenes de cosechas agrícolas producidas, que se reportan en el Cuadro N° 1, se puede estimar la cantidad de residuos aprovechables, para ser utilizados en la digestión anaeróbica. El Anexo 2 sirve de base, para calcular estas cantidades que representan volúmenes sólidos transformables a abono orgánico o bioabono. El Cuadro N° 3, representa el valor equivalente de cosechas transformada a bioabono sólido (despreciando el volumen considerable de abono líquido recuperable, equivalente a un 20% del total).

CUADRO 3: RECUPERACION DE BIOABONO SOLIDO, PARTIENDO DEL VOLUMEN TOTAL DE DESECHOS UTILIZABLES DE LA AGRICULTURA
(Fuente Original: Cuadro 1)

CULTIVO	COSECHA PRODUCIDA (MT)	DESECHOS RECUPERABLES (%) (MT)	PERDIDA DIGESTION ANAEROB. (%) (MT)	VOLUMEN BIOABONO (MT)
Arroz	270	54 145.8	20 29.2	116.6
Maiz	1	47 0.5	15 0.1	0.4
Café verde	1	56 0.6	15 0.1	0.5
TOTAL:				117.5

En el Cuadro 4 siguiente se estima el volumen de bioabono sólido obtenible del ganado reportado en el Cuadro N° 2 y estiércol producido, basado en el Anexo 3. Se desprecia el volumen de bioabono líquido únicamente para fines comparativos de sólidos, a pesar de representar un volumen considerable.

CUADRO 4: RECUPERACION DE BIOABONO SOLIDO (MT) PARTIENDO DEL ESTIERCOL
PRODUCIDO POR LAS DISTINTAS ESPECIES DE GANADO

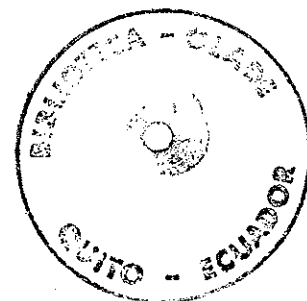
TIPO DE GANADO	No. DE CABEZAS (M)	PRODUCCION ESTIERCOL/AÑO (MT)	ESTIERCOL RECUPERABLE (%) (MT)	PERDIDAS EN DIGESTION ANAR. (%) (MT)	VOLUMEN BIOABONO (MT)
Equino	4	20	30 6.0	20 1.2	4.8
Bovino	280	1,680	9 151.2	20 30.2	121.0
Porcino	125	375	60 225.0	50 112.5	112.5
Caprino y Ovino	170	136	20 27.2	70 19.0	8.2
Aviar	10,131	304	70 212.8	60 127.7	85.1
T O T A L					331.6

MT = miles de toneladas

Los dos cuadros anteriores proporcionan una cifra de 449.1 MT anuales de bioabono sólido que se recuperaría de la digestión anaeróbica de los desechos agropecuarios. Si se le asigna un valor comercial equivalente al de los abonos orgánicos tipo compost, tomando como referencia el valor que tienen en otros países (Guatemala), se asume que una tonelada cuesta US\$ 60.00, el volumen total producido equivale a US\$ 26'946,000.00 al año.

Otro aspecto importante es que Guyana reporta un consumo de 8,800 MT de fertilizantes químicos en 1978*. Este país no registra producción hasta ese año, estas importaciones disminuirán en un 5.1% con la producción de abonos orgánicos, lo que representa un ahorro de fuga de divisas de M.US\$134,730 (Estimado a US\$ 300 c/Ton de fertilizante importado).

(*) Anuario FAO de Fertilizantes 1978



ANEXO 4 : Jamaica: Potencial Nacional para la Producción de
Biogas y Bioabono.

La Isla de Jamaica ocupa un área territorial de 10,961 Km² con una población (1978)* total de 2'115,000 habitantes de los cuales el 44.2% se encuentran en el área rural. El 33.9% de su población participa de las actividades económicas de la cual el 22.3% se dedica a actividad agropecuaria. El producto interno bruto para 1975 fue de 2.186.7 millones de dólares, de los cuales, el 8.3% corresponden a la participación del sector agropecuario.

La actividad agrícola se dedica a la producción de batatas, tabaco, tomate, caña de azúcar, arroz, cebolla, frijol, maní, maiz y bana no, papa, ñame, cítricos, cacao, café, copra, jenjibre, mandioca, pi mientos.

La actividad ganadera cuenta con la producción de ovejas, caballos, cerdos, bovinos y gallinas.

Su clima es variado de templado a cálido y húmedo en las costas. El período de mayores lluvias es de marzo a octubre. Las condiciones anteriores, son las que definen el potencial de producción de biogas a partir de desechos agrícolas, pecuarios y agro industriales, considerando la producción obtenida en su actividad durante 1978 (FAO, reporte estadístico).

El anexo 7 y 8 resume los cálculos que sirvieron de base para reducir la producción de cosechas y el número de cabezas de ganado, a residuos y su equivalente en biogas.

El Cuadro 1, inscrito a continuación, presenta un detalle

* Boletín Estadístico FAO N° 32 1978

de la producción agrícola incluyendo únicamente los cultivos que producen desecho con mayor rendimiento de biogas. A pesar de que todos los desechos orgánicos son biodegradables, sólo serán considerados aquellos de mayor facilidad y acceso para su utilización. Este cuadro resume los valores equivalentes de producción total de biogas al año (millones de metro cúbicos) así como un estimativo de la producción verdadera obtenible, en base a un 70 por ciento de eficiencia de consumo. Esta producción de biogas se redujo a su valor equivalente en Kilocalorías ($\text{Kcal} \times 10^9$).

Cuadro 1: Producción agrícola (197) de Jamaica y su valor equivalente en biogas y kilocalorías.

Cultivo	Producción Anual (Miles de Toneladas)	Producción equivalente de Biogas		Valor Energético ($\text{Kcal} \times 10^9$)
		Total ($\text{m}^3 \times 10^6$)	Utilizable ($\text{m}^3 \times 10^6$)	
Arroz	6	0.906	0.634	3.171
Maíz	10	1.310	0.917	4.585
Maní	2	0.100	0.070	0.350
Banano	150	23.550	16.485	82.425
Plátano	17	2.669	1.868	9.342
Café verde	1	0.050	0.035	0.175
Tabaco	1	0.105	0.074	0.368
TOTALES		20.083		100.416

El Cuadro 2 resume la población de ganado de Jamaica, reducidos a su equivalente en millones de metros cúbicos de biogas por año (partiendo de la producción recuperable de estiércol, anexo 8), y reducido al valor de utilización de biogas, considerando un 70 por ciento de eficiencia de almacenamiento, con su valor relativo de Kilocalorías (en miles de millones).

Cuadro 2: Población de ganado de Jamaica y su producción equivalente de biogas, a partir del estiércol recuperable, con su valor energético en Kilocalorías.

Clase de Ganado	Nº de cabezas (en miles)	Producción equivalente de Biogas		Valor Energético (Kcal x 10 ⁹)
		Total (millones m ³)	Utilizable: (70% ef.) (m ³ x 10 ⁶)	
Equino	40	12	8.40	42.0
Bovino	285	22.8	15.96	79.8
Porcino	245	122.5	85.75	428.8
Ovino y Caprino	356	17.8	12.46	62.4
Aviar	4.000	16.0	11.20	56.0
TOTAL		133.77		669.0

Considerando el valor total de producción de biogas por año (en millones de metros cúbicos), partiendo de desechos agropecuarios, se tiene un valor utilizable de 153.85 millones, que reducidos al consumo por habitante rural al año, equivale a 164.58 metros cúbicos o sea 2,254,46 Kcal/Habitante rural/día.

Se estima que la demanda energética media del habitante rural es de 3 Kg de leña por día. La leña tiene un valor de 3,500 Kcal/Kg, lo que corresponde a una demanda diaria de 10,500 Kcal.

El biogas participa en un 21.5 por ciento en la demanda total de energéticos en el medio rural.

Esto equivale a sustituir un total de 602,153.35 Kg de leña al día, o sean 219.8 millones de Kg de leña al año.

Basados en los volúmenes de cosechas agrícolas producidas, que se reportan en el Cuadro No. 1, se puede estimar la cantidad de residuos aprovechables, para ser utilizados en la digestión anaeróbica. El Anexo 2 sirve de base, para calcular estas cantidades que representan volúmenes sólidos transformables a abono orgánico o bioabono. El Cuadro No. 3 representa el valor equivalente de cosecha transformada a bioabono sólido (despreciando el volumen considerable de abono líquido recuperable, equivalente a un 20% del total).

CUADRO 3: RECUPERACION DE BIOABONO SOLIDO, PARTIENDO DEL VOLUMEN TOTAL DE DESECHOS UTILIZABLES EN LA AGRICULTURA
(Fuente Original: Cuadro 1)

CULTIVO	COSECHA PRODUCIDA. (MT)	DESECHOS RECUPERABLES (%) (MT)	PERDIDA EN DIGESTION ANAEROB. (%) (MT)	VOLUMEN BIOABONO (MT)
Arroz	6	54 3.2	20 0.6	2.6
Maíz	10	47 4.7	15 0.7	4.0
Maní	2	24 0.5	15 0.1	0.4
Banano	150	56 84.0	15 12.6	71.4
Plátano	17	56 9.5	15 1.4	8.1
Café verde	1	56 0.6	15 0.1	0.5
Tabaco	1	45 0.4	15 0.1	0.3
T O T A L				87.3

En el Cuadro 4 siguiente se estima el volumen de bioabono sólido obtenible del ganado reportado en el Cuadro No. 2 y estiércol producido, basado en el Anexo 3. Se desprecia el volumen de bioabono líquido únicamente para fines comparativos de sólidos, a pesar de representar un volumen considerable.

CUADRO 4: RECUPERACION DE BIOABONO SOLIDO (MT), PARTIENDO DEL ESTIERCOL
PRODUCIDO POR LAS DISTINTAS ESPECIES DE GANADO
(Fuente Original: Cuadro 2)

TIPO DE GANADO	Nº DE CABEZAS (M)	PRODUCCION ESTIERCOL/AÑO (MT)	ESTIERCOL RECUPERABLE (%) (MT)		PERDIDA EN DIGES. ANAEROB. (%) (MT)		VOLUMEN BIOABONO (MT)
Equino	40	200	30	60	20	12.0	48.0
Bovino	285	1,710	9	153.9	20	30.8	123.1
Porcino	245	735	60	441.0	50	220.5	220.5
Ovino y Caprino	356	284.8	20	57.0	70	39.9	17.1
Aviar	4,000	120.0	70	84.0	60	50.4	33.6
T O T A L							442.3

MT = miles de toneladas

Los dos cuadros anteriores proporcionan una cifra de 529.6 MT anuales de bioabono sólido que se recuperaría de la digestión anaeróbica de los desechos agropecuarios. Si se le asigna un valor comercial equivalente al de los abonos orgánicos tipo compost, tomando como referencia el valor que tienen en otros países (Guatemala), se asume que una tonelada cuesta US\$ 60.00, el volumen total producido equivale a US\$ 31'776,000.00 al año.

Otro aspecto interesante es que Jamaica reporta un consumo de 14,800 MT de fertilizantes químicos en 1978*. Este país no registra producción hasta ese año, estas importaciones disminuirán en 3.6% con la producción de abonos orgánicos, lo que representa un ahorro en fuga de divisas de 158,880 MUS\$ (Estimado a US\$ 300 c/Ton de fertilizante importado)

(*) Anuario FAO de Fertilizantes 1978

ANEXO 5: Nicaragua: Potencial Nacional para la Producción de Biogas y Bioabono.

La República de Nicaragua ocupa un área territorial de 14,800 Km² con una población de 2'559,000 habitantes (1978)*, de los cuales el 43.5% se encuentran en el área rural. El 29.7% de su población participa de las actividades económicas de la cual el 44.5% se dedica a la actividad agropecuaria. El producto interno bruto para 1975 fue de 1'390.4 millones de dólares, de los cuales, el 22% corresponden a la participación del sector agropecuario.

La actividad agrícola se dedica a la producción de algodón, banano, cacao, café, cítricos, frijoles, maíz, papas, sésamo, arroz, cebolla, garbanzos, henequén, ipecacuana, maguez, mandioca, mijo, sor go, tabaco, tomate y trigo.

La actividad ganadera cuenta con la producción de ovejas, caballos, asnos, mulas, bovinos y gallinas.

Su clima es cálido y húmedo en la costa oriental con temperatura media de 27°C y en la costa occidental es más seco con temperatura media de 28°C. El período de lluvias es de marzo a noviembre en la región oriental (6670 mm. anuales) y en el este llueve casi todo el año. Las condiciones anteriores, son las que definen el potencial de producción de biogas a partir de desechos agrícolas, pecuarios y agroindustriales, considerando la producción obtenida en su actividad durante 1978. (FAO, reporte estadístico).

El anexo 7 y 8 resume los cálculos que sirvieron de base para reducir la producción de cosechas y el número de cabezas de ganado, a residuos y su equivalente en biogas.

* Boletín Estadístico FAO N° 32.- 1978

El Cuadro 1, inscrito a continuación, presenta un detalle de la producción agrícola incluyendo únicamente los cultivos que producen desecho con mayor rendimiento de biogas. A pesar de que todos los desechos orgánicos son biodegradables, sólo serían considerados aquellos de mayor facilidad y acceso para su utilización. Este cuadro resume los valores equivalentes de producción total de biogas al año (millones de metros cúbicos) así como un estimativo de la producción verdadera obtenible, en base a un 70 por ciento de eficiencia de consumo. Esta producción de biogas se redujo a su valor equivalente en Kilocalorías ($\text{Kcal} \times 10^9$).

Cuadro 1: Producción agrícola (1978) de Nicaragua y su valor equivalente en biogas y kilocalorías.

Cultivo	Producción Anual (Miles de Toneladas).	Producción equivalente de Biogas		Valor energético ($\text{Kcal} \times 10^9$)
		Total ($\text{m}^3 \times 10^6$)	Utilizable ($\text{m}^3 \times 10^6$)	
Arroz	82	12.38	8.667	43.34
Maíz	209	27.40	19.165	95.83
Sorgo	58	7.48	5.237	26.19
Frijol	51	2.55	1.785	8.93
Soya	1	0.05	0.035	0.18
Maní	8	0.40	0.280	1.40
Banano	240	37.68	26.376	131.88
Café Verde	60	3.00	2.100	10.50
Tabaco	3	0.32	0.221	1.10
TOTALES			63.866	319.35

El Cuadro 2 resume la población de ganado de Nicaragua, reducidos a su equivalente en millones de metros cúbicos de biogas por año (partiendo de la producción recuperable de estiércol, anexo 8), y reducido al valor de utilización de biogas, considerando un 70 por ciento de eficiencia de almacenamiento, con su valor relativo de Kilocalorías (en miles de millones).

Cuadro 2: Población de ganado de Nicaragua y su producción equivalente de biogas, a partir del estiércol recuperable, con su valor energético en Kilocalorías.

Clase de Ganado	Nº de Cabezas (en miles)	Producción equivalente de Biogas		Valor Energético (Kcal x 10 ⁹)
		Total (millones m ³)	Utilizable (70% ef.) (m ³ x 10 ⁶)	
Equino	326	97.8	68.46	342.3
Bovino	2774	221.92	155.34	776.72
Porcino	710	355.00	248.50	1242.50
Ovino y Caprino	9	0.45	0.32	1.60
Aviar	4500	18.00	12.60	63.00
		TOTALES	485.22	2426.12

Considerando el valor total de producción de biogas al año (en millones de metros cúbicos), partiendo de desechos agropecuarios, se tiene un valor utilizable de 549.09 millones, que reducidos al consumo por habitante rural al año, equivale a 492.90 metros cúbicos o sea 6752 Kcal/Habitante rural/día.

Se estima que la demanda energética media del habitante rural es de 3 Kg de leña por día. La leña tiene un valor de 3,500 Kcal/Kg, lo que corresponde a una demanda diaria de 10,500 Kcal.

El biogas participa en un 64.3 por ciento en la demanda total de energéticos en el medio rural.

Esto equivale a sustituir un total de 2.15 millones de Kg. de leña al día, o sea 784 millones de Kg. de leña al año.

Basados en los volúmenes de cosechas agrícolas producidas, que se reportan el Cuadro N° 1, se puede estimar la cantidad de residuos aprovechables, para ser utilizados en la digestión anaeróbica. El Anexo 2 sirve de base, para calcular estas cantidades que representan volúmenes sólidos transformables a abono orgánico o bioabono. El Cuadro N° 3, representa el valor equivalente de cosechas transformada a bioabono sólido (despreciando el volumen considerable de abono líquido recuperable, equivalente a un 20% del total).

CUADRO 3: RECUPERACION DE BIOABONO SOLIDO, PARTIENDO DEL VOLUMEN TOTAL DE DESECHOS UTILIZABLES DE LA AGRICULTURA
(Fuente Original: Cuadro 1)

CULTIVO	COSECHA PRODUCIDA (MT)	DESECHOS RECUPERABLES (%) (MT)	PERDIDA DIGESTION ANAEROB. (%) (MT)	VOLUMEN BIOABONO (MT)
Arroz	82	54 44.3	20 8.9	35.4
Maiz	209	47 98.2	15 14.7	83.5
Sorgo	58	52 30.2	20 6.0	24.2
Frijol	51	24 12.2	15 1.8	10.4
Soya	1	24 0.2	15 0.03	0.17
Maní	8	24 1.9	15 0.3	1.6
Banano	240	56 134.4	15 20.2	114.2
Café verde	60	56 33.6	15 5.0	28.6
Tabaco	3	45 1.4	15 0.2	1.2
T O T A L:				299.3

En el Cuadro 4 siguiente se estima el volumen de bioabono sólido obtenible del ganado reportado en el Cuadro N° 2 y estiércol producido, basado en el Anexo 3. Se desprecia el volumen de bioabono líquido únicamente para fines comparativos de sólidos, a pesar de representar un volumen considerable.

CUADRO 4: RECUPERACION DE BIOABONO SOLIDO (MT) PARTIENDO DEL ESTIERCOL
PRODUCIDO POR LAS DISTINTAS ESPECIES DE GANADO

TIPO DE GANADO	No. DE CABEZAS (M)	PRODUCCION ESTIERCOL/AÑO (MT)	ESTIERCOL RECUPERABLE (%) (MT)	PERDIDAS EN DIGEST. ANAEROB. (%) (MT)	VOLUMEN BIOABONO (MT)
Equipo	326	1,630.0	30 489.0	20 97.8	391.2
Bovino	2,774	16,644.0	9 1,498.0	20 299.6	1,198.4
Porcino	710	2,130.0	60 1,278.0	50 639.0	639.0
Ovino y Caprino	9	7.2	20 1.4	70 1.0	0.4
Aviar	4,500	135.0	70 94.5	60 56.7	37.8
T O T A L					2,266.8

MT = miles de toneladas

Los dos cuadros anteriores proporcionan una cifra de 2,566.1 MT anuales de bioabono sólido que se recuperaría de la digestión anaeróbica de los desechos agropecuarios. Si se le asigna un valor comercial equivalente al de los abonos orgánicos tipo compost, tomando como referencia el valor que tienen en otros países (Guatemala), se asume que una tonelada cuesta US\$60.00, el volumen total producido equivale a US \$ 153'966.000.00 al año.

Otro aspecto interesante es que Nicaragua reporta un consumo de 63,475 MT de fertilizantes químicos en 1978*. Este país no registra producción hasta ese año, estas importaciones disminuirán en un 4.0% con la producción de abonos orgánicos, lo que representa un ahorro en fuga de divisas de M US\$ 769,830 (Estimado a US\$ 300 c/Ton de fertilizante importado)

(*) Anuario FAO de Fertilizantes 1978

ANEXO 6: Haití: Potencial Nacional para la Producción de Biogas y Bioabono.

La República de Haití ocupa un área territorial de 27,750 Km² con una población (1978)* total de 4'784,000 habitantes de los cuales el 68.2% se encuentran en el área rural. El 50.5% de su población participa de las actividades económicas de la cual el 68.2% se dedica a la actividad agropecuaria. El producto interno bruto para 1975 fue de 688.3 millones de dólares, de los cuales, el 44% corresponden a la participación del sector agropecuario.

La actividad agrícola se dedica a la producción de algodón, bananos, batatas, ñame, cacao, café, cítricos, fibras duras, frijol, tomate, caña de azúcar, cebolla, legumbres, sisal, maíz, maní, sorgo, papas y tabaco.

La actividad ganadera cuenta con la producción de ovejas, caballos, asnos, mulas, cerdos, bovinos, gallinas y perros.

Su clima es caluroso en las costas (21°C a 30°C) y frío en las montañas (con algunas heladas). Las épocas de lluvia son de abril a junio y de octubre a noviembre. Las condiciones anteriores, son las que definen el potencial de producción de biogas a partir de deechos agrícolas, pecuarios y agro industriales, considerando la producción obtenida en su actividad durante 1978 (FAO, reporte estadístico).

El anexo 7 y 8 resume los cálculos que sirvieron de base para reducir la producción de cosechas y el número de cabezas de ganado, a residuos y su equivalente en biogas.

El Cuadro 1, inscrito a continuación, presenta un detalle de

* Boletín Estadístico FAO N° 32 1978

la producción agrícola incluyendo únicamente los cultivos que producen desecho con mayor rendimiento de biogas. A pesar de que todos los desechos orgánicos son biodegradables, sólo serán considerados aquellos de mayor facilidad y acceso para su utilización. Este cuadro resume los valores equivalentes de producción total de biogas al año (millones de metros cúbicos) así como un estimado de la producción verdadera obtenible, en base a un 70 por ciento de eficiencia de consumo. Esta producción de biogas se redujo a su valor equivalente en Kilocalorías ($\text{Kcal} \times 10^9$).

Cuadro 1: Producción agrícola (1978) de Haití y su valor equivalente en biogas y kilocalorías.

Cultivo	Producción Anual (Miles de Toneladas)	Producción equivalente de Biogas		Valor Energético ($\text{Kcal} \times 10^9$)
		Total ($\text{m}^3 \times 10^6$)	Utilizable ($\text{m}^3 \times 10^6$)	
Arroz	105	15.86	11.10	55.49
Maíz	250	32.75	22.93	114.63
Sorgo	155	20.00	14.00	70.00
Frijol	48	2.40	1.68	8.40
Maíz	3	0.15	0.11	0.53
Bananos	250	39.25	27.47	137.37
Café Verde	32	1.60	1.12	5.60
Tabaco	2	0.21	0.15	0.75
		78.56	392.77	

El Cuadro 2 resume la población de ganado de Haití, reducidos a su equivalente en millones de metros cúbicos de biogas por año (partiendo de la producción recuperable de estiércol, anexo 8), y reducido al valor de utilización de biogas, considerando un 70 por ciento de eficiencia de almacenamiento, con su valor relativo de Kilocalorías (en miles de millones).

Cuadro 2: Población de ganado de Haití y su producción equivalente de biogas, a partir del estiércol recuperable, con su valor energético en Kilocalorías.

Clase de Ganado	Nº de cabezas (en miles)	Producción equivalente de Biogas		Valor energético (Kcal x 10 ⁹)
		Total (millones m ³)	Utilizable (70% ef.) (m ³ x 10 ⁶)	
Equinos	730	219	153.3	766.50
Bovinos	900	72	50.40	252.00
Porcinos	2000	1000	700.00	3500.00
Ovinos y Caprinos	1285	64.25	44.98	224.88
Aviar	4265	17.06	11.94	59.71
Total			960.62	4803.09

Considerando el valor total de producción de biogas por año (en millones de metros cúbicos), partiendo de desechos agropecuarios, se tiene un valor utilizable de 1039 millones, que reducidos al consumo por habitante rural al año, equivale a 318.47 metros cúbicos o sea 4363 Kcal/habitante rural/día.

Se estima que la demanda energética media del habitante rural es de 3 Kg de leña por día. La leña tiene un valor de 3.500 Kcal/Kg lo que corresponde a una demanda diaria de 10.500 Kcal.

El biogas participa en un 41.5 por ciento en la demanda total de energéticos en el medio rural.

Esto equivale a sustituir un total de 4.07 millones de Kg. de leña al día, o sea 1485. millones de Kg. de leña al año.

Básados en los volúmenes de cosechas agrícolas producidas, que se reportan en el Cuadro Nº 1, se puede estimar la cantidad de residuos aprovechables, para ser utilizados en la digestión anaeróbica. El Anexo 2 sirve de base, para calcular estas cantidades que representen volúmenes sólidos transformables a abono orgánico o bioabono. El Cuadro Nº 3, representa el valor equivalente de cosecha transformada a bioabono sólido (despreciando el volumen considerable de abono líquido recuperable, equivalente a un 20% del total).

CUADRO 3: RECUPERACION DE BIOABONO SOLIDO, PARTIENDO DEL VOLUMEN TOTAL DE DESECHOS UTILIZABLES DE LA AGRICULTURA
(Fuente Original: Cuadro 1)

CULTIVO	COSECHA PRODUCIDA (MT)	DESECHOS RECUPERABLES (%) (MT)	PERDIDA EN DIGESTION ANAEROB. (%) (MT)	VOLUMEN BIOABONO (MT)
Arroz	105	54 56.7	20 11.3	45.4
Maiz	250	47 117.5	15 17.6	99.9
Sorgo	155	52 80.6	20 16.1	64.5
Frijol	48	24 11.5	15 1.7	9.8
Maní	3	24 0.7	15 0.1	0.6
Bananos	250	56 140.0	15 21.0	119.0
Café verde	32	56 17.9	15 2.7	15.2
Tabaco	2	45 0.9	15 0.1	0.8
T O T A L				355.2

En el Cuadro 4 siguiente se estima el volumen de bioabono sólido obtenible del ganado reportado en el Cuadro Nº 2 y estiércol producido, basado en el Anexo 3. Se desprecia el volumen de bioabono líquido únicamente para fines comparativos de sólidos, a pesar de representar un volumen considerable.

CUADRO 4: RECUPERACION DE BIOABONO SOLIDO (MT) PARTIENDO DEL ESTIERCOL
PRODUCIDO POR LAS DISTINTAS ESPECIES DE GANADO

TIPO DE GANADO	No. DE CABEZAS (M)	PRODUCCION ESTIERCOL/AÑO (MT)	ESTIERCOL RECUPERABLE (%) (MT)	PERDIDAS EN DIGEST. ANAEROB. (%) (MT)	VOLUMEN BIOABONO (MT)
Equinos	730	3,650	30 1,095.0	20 219.0	876.0
Bovinos	900	5,400	9 486.0	20 97.2	388.8
Porcinos	2,000	6,000	60 3,600.0	50 1,800.0	1,800.0
Ovinos y Caprinos	1,285	1,028	20 205.6	70 143.9	61.7
Aviar	4,265	128	70 89.6	60 53.8	35.8
T O T A L					3,162.3

MT = miles de toneladas

Los dos cuadros anteriores proporcionan una cifra de 3,517.5 MT anuales de bioabono sólido que se recuperaría de la digestión anaeróbica de los desechos agropecuarios. Si se le asigna un valor comercial equivalente al de los abonos orgánicos tipo compost, tomando como referencia el valor que tienen en otros países (Guatemala), se asume que una tonelada cuesta US\$ 60.00, el volumen total producida equivalente a US\$ 211'050,00 al año.

Otro aspecto interesante es que Haití reporta un consumo de 3,100 MT de fertilizantes químicos en 1978*. Este país no registra producción hasta ese año, estas importaciones disminuirán en un 113.5% con la producción de abonos orgánicos, lo que representa un ahorro en fuga de divisas de M US\$ 1 055,250 (Estimado a US\$ 300 c/Ton de fertilizante importado).

(*) Anuario FAO de Fertilizantes 1978

Anexo 7: Cálculo del Factor Combinado de Producción de Biogas
a partir de desechos vegetales. ✓

Con el objeto de hacer un estimado aproximado del potencial de biogas, teniendo como referencia la producción de granos de las cosechas que reportan los mejores índices de rendimiento en el proceso de biodegradación por medio aneoróbico, se tomó una serie de coeficientes para calcular un factor combinado, ellos son:

1. Producción de desechos vegetales (%)
2. Cantidad recuperable (%) para ser utilizada como materia prima en la fermentación.
 - a. en el caso que la cosecha se haga a mano (80%)
 - b. en el caso que la cosecha se haga en forma mecánizada (20%)
3. Contenido de humedad en cada tipo de desecho al momento de la recolección (%)
4. Metros cúbicos de biogas que se generan por cada kilogramo de materia seca digerida de los diferentes desechos.

En base a los distintos coeficientes anteriores, se estimó el factor combinado que al multiplicarse por el valor reportado de grano comercial, en miles de toneladas, se obtiene la producción total estimada de biogas, en millones de metros cúbicos.

El Cuadro siguiente expresa estos datos:

Cuadro: Cálculo del Factor Combinado para estimar la producción total de Biogas, partiendo del grano cosechado, en distintos cultivos.

CULTIVO	Desecho Restante (%)	Desecho Recupera ble (%)	Contenido de Humedad (%)	Producción de Biogas (m ³ /Kg seco)	Factor combinado	
	M	m				
Trigo	1.2*	0.3	0.6	0.7	0.40	0.181
Arroz	1.0*	0.3	0.6	0.7	0.40	0.151
Maíz	1.8*	0.5	0.2	0.7	0.40	0.131
Sorgo	1.0*	0.3	0.5	0.7	0.40	0.129
Frijol	0.8		0.3	0.6	0.35	0.050
Haba	1.2		0.4	0.6	0.35	0.101
Otras Le- guminosas	0.8		0.3	0.6	0.35	0.050
Café Verde	0.7		0.8	0.3	0.30	0.050
Banano	2.8		0.2	0.8	0.35	0.157
Tabaco	1.5		0.4	0.5	0.35	0.105

(M) = Cosecha mecanizada

(m) = Cosecha manual

(*) = En términos generales se estima que el 20% se cosecha a máquina y el 80% a mano.

Ejemplo demostrativo:

Se tienen 30 MT (miles de toneladas) de trigo en grano, estimar el desecho que queda en el campo, el desecho que se recuperaría para usarlo en biodigestión, y la cantidad estimada que se produciría de biogas total.

Grano (MT) Cosechado		Desecho total (120%) (MT)	Desecho recuperado (M=30% m=60%)	Contenido de Humedad (30%) (MT)	Desecho Seco	Biogas Producido (Millones m ³)
A máquina (20%)	6	7.2	2.16	-0.61		
A mano (80%)	24	28.8	17.28	-5.10	13.60	5.44
TOTAL	30	36.0	19.44	-5.71		

Usando el Factor Combinado: $30 \times 0.181 = 5.43$ millones de m³ de biogas.

Anexo 8: Cálculo del Factor Combinado de Producción de Biogas a partir del estiércol de ganado.

Con el objeto de estimar la producción de biogas partiendo del número de cabezas de ganado se elaboró un cuadro para calcular un factor combinado. Se consideraron los siguientes coeficientes:

1. producción de estiércol por cada especie de ganado (en toneladas al año por animal)
2. recuperación de estiércol para su biodegradación (%)
3. Contenido de humedad de estiércol al momento de su recolección, considerando 30 horas de exposición a la intemperie (%)
4. metros cúbicos de biogas que producen un kilogramo de estiércol seco.

Cuadro: Cálculo del factor combinado para estimar la producción total de Biogas a partir del estiércol de distintas especies de ganado.

Tipo de Ganado	Producción Anual de estiércol (ton/animal)	Recuperación de estiércol (%)	Contenido de humedad (%)	Producción de Biogas (m^3/Kg)	Factor Combinado
Equino	5	0.3	0.6	0.50	0.30
Bovino	6	0.09	0.6	0.36	0.08
Porcino	3	0.6	0.6	0.70	0.50
Ovino	.8	0.2	0.6	0.34	0.05
Caprino	.8	0.2	0.6	0.34	0.05
Aviar	.03	0.7	0.6	0.45	0.004