

ENERLAC

REVISTA DE ENERGÍA -
AMÉRICA LATINA Y CARIBE

REVISTA ENERLAC - Año 1 - Nº 1 - Octubre 2009

Organización Latinoamericana de Energía
Latin American Energy Organization
Organização Latino-Americana de Energia
Organisation Latino-Americaine D'Energie

olade

REVISTA ENERLAC | AÑO 1 | N° 1 | OCTUBRE 2009

enerlac

Revista de Energía - América Latina y Caribe

Índice

- 3 Presentación
- 4 La Agenda Energética de OLADE, 2023
Carlos A. Flórez P.
- 7 La Política Energética en América del Sur y el retorno del papel del Estado: Precio del Petróleo, Cambio Climático y Crisis Económica
Luiz Pinguelli Rosa
- 16 Energía Renovable en América Latina
José Goldemberg
- 19 La biomasa, fuente de energía subvalorada en América Latina y el Caribe
Alfredo Curbelo
- 29 Aspectos de la sostenibilidad ambiental de la producción de etanol en Brasil: Tecnologías y Prácticas
Gilberto De Martino Jannuzzi
Rodolfo D. M. Gomes
- 40 Uso de energía en los sectores residencial y comercial de América Latina: Factores y perspectivas del uso en inmuebles con México de referente
Odón de Buen Rodríguez

Créditos:

Consejo Editorial OLADE

Carlos A. Flórez P.
Secretario Ejecutivo

Néstor D. Luna G.
Director de Planificación y Proyectos

Erick F. Cabrera C.
Director de Integración

Victorio E. Oxilia D.
Coordinador de Capacitación

Patricia Solano
Asistente de Comunicación y Prensa

REVISTA ENERLAC

Los criterios expresados en los artículos son de responsabilidad de los autores y no comprometen a La Organización Latinoamericana de Energía (OLADE); sin embargo son de su exclusiva propiedad. OLADE se responsabiliza únicamente por el contenido de los artículos publicados como organización y es el titular exclusivo de derechos, títulos e intereses (incluidos derechos de autor, marcas registradas, patentes y cualquier otro tipo de propiedad intelectual y de derecho) sobre el total de la información y del contenido, el cual está protegido por convenios internacionales y por legislaciones domésticas en materia de propiedad intelectual. Estas informaciones pueden utilizarse y reproducirse sin autorización y de forma gratuita exclusivamente para todo uso didáctico o de otro tipo no comercial, siempre que se señale en toda reproducción, como fuente de información (© OLADE).

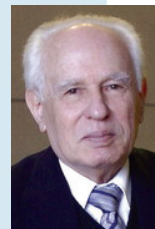
Copyright © Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) 2009. Todos los derechos reservados.

Autores de los artículos en esta publicación:

Carlos A. Flórez P.
Luiz Pinguelli Rosa
José Goldemberg
Alfredo Curbelo
Gilberto De Martino Jannuzzi
Rodolfo D. M. Gomes
Odón de Buen Rodríguez

“Esta publicación es traducción de la revista en inglés: ENERLAC Magazine, Year 1, N° 1, October 2009, ISSN: 1390-5171 Colaboración de la traductora: Gabriela Martínez Cabezas”.

enerlac



Aspectos de la sostenibilidad ambiental de la producción de Etanol en Brasil: Tecnologías y Prácticas



Gilberto De Martino Jannuzzi¹

Universidad de Campinas - UNICAMP

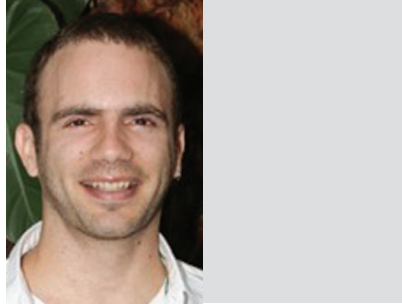
Es Profesor Asociado de Sistemas Energéticos del Departamento de Energía, Facultad de Ingeniería Mecánica, UNICAMP (Universidad de Campinas), Brasil, e Investigador Senior del Centro de Estudios Interdisciplinarios de la Energía en UNICAMP.

Es Director Ejecutivo de la Iniciativa Internacional de la Energía, pequeña organización no gubernamental, independiente e internacional de carácter público dirigida por expertos en energía reconocidos internacionalmente, y con personal en las oficinas regionales y programas en América Latina, África y Asia.

Posee un Doctorado de la Universidad de Cambridge, Reino Unido (Grupo de Investigación de la Energía, Laboratorio Cavendish). Fue profesor visitante en: el Laboratorio Nacional Berkeley National (EUA), en el PNUMA- Centro de Energía y Medio Ambiente (Dinamarca), en el Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement (Francia) y otros.

Es Decano de la Carrera de Planificación Energética de la Universidad de Campinas (UNICAMP) y Coordinador Técnica de la Energía Nacional de R&D Fund en el Centro para Estudios de Manejo Estratégico, Ministerio Brasilerio de Ciencia y Tecnología. Anteriormente, ejerció el cargo de Director Ejecutivo de la Oficina de Transferencia de Tecnología de la Universidad de Campinas.

Sus intereses están relacionados con la planificación energética, con especial énfasis en la eficiencia energética y la conservación, las políticas energéticas y ambientales y los asuntos relacionados con la transferencia de tecnología.



Rodolfo D. M. Gomes

Iniciativa Internacional de la Energía

Es Ingeniero mecánico de la Universidad de Campinas (UNICAMP), Brasil, con una Maestría en Ciencias del Programa de la Carrera de Planificación Energética de la misma Universidad. Actualmente trabaja para la Iniciativa Internacional de la Energía (Oficina para América Latina), como investigador asociado y ayudante del Director.

Ha trabajado como asesor para Sweco Groner y KanEnergi (Oslo, Noruega), representando a la Iniciativa Internacional de Energía (Oficina de América Latina), bajo el programa Noruego de intercambio de empleados Fredskorpset.

Sus áreas de interés son las fuentes renovables de energía, eficiencia energética, política energética y ambiental y política de la ciencia y tecnología.

Resumen

El artículo tiene por objeto presentar un análisis del tipo DAFO (SWOT) para evaluar los aspectos de sostenibilidad ambiental de la producción de etanol en Brasil. El análisis FODA es a menudo utilizado para informar a los formuladores de decisiones y a los determinante de una situación particular en estudio. Su objetivo es reducir la incertidumbre y ayudar en la formulación de estrategias que expliciten los factores que pueden influir en el éxito de un proyecto. Los impactos conocidos se registran en siete factores ambientales, considerados los más críticos para la expansión del cultivo de caña de azúcar en el país: la calidad del aire, los recursos hídricos, la diversidad biológica, el uso del suelo, la conservación de suelos, el uso de plaguicidas agrícolas y el uso de fertilizantes. Se concluye que ha habido progreso dirigido a los aspectos de sostenibilidad, sin embargo, son todavía necesarias las nuevas prácticas agrícolas y las tecnologías que reduzcan al mínimo el uso del agua y las aguas residuales.

Introducción

El desarrollo y uso de biocombustibles, especialmente etanol y biodiesel han adquirido gran importancia no sólo en Brasil sino también internacionalmente. La Unión Europea ha establecido metas ambiciosas para crear un mercado de biocarburantes a fin de reducir su dependencia de los combustibles fósiles importados, y como parte de su estrategia para alcanzar las metas del Protocolo de Kyoto. Japón y EE.UU. De América también tienen planes ambiciosos para sustituir parte de su demanda de gasolina con etanol (Doornbosch y Steenblik 2007).

¹ El autor desea agradecer el apoyo recibido por parte de las agencias FAPESP y DAAD en la implementación parcial de esta obra.

Brasil tiene una experiencia exitosa de más de treinta años en el desarrollo de un mercado interno para el etanol producido a partir de la caña de azúcar. Durante este período se han desarrollado tecnologías agrícolas e industriales, diferentes variedades de caña de azúcar que, junto con las políticas públicas y regulación, dio lugar a un producto final muy competitivo con la gasolina (Macedo 2007, Goldemberg et al. 2004, Goldemberg, Coelho, y Luçon 2004).

El etanol brasileño es capaz de reemplazar a la gasolina con importantes beneficios ambientales, evitando las emisiones de 2,6-1,7t tCO₂/ m³ (2) y un valor actual de 8,3 veces más de energía producida (energía renovable, en etanol) que la equivalente a los insumos de energía fósil, calculado sobre la base del ciclo de vida del etanol (Macedo, Seabra, e Silva, 2008).

Una gran expansión de la caña de azúcar/etanol está destinada a ser plantados en Brasil y en otras regiones, especialmente teniendo en cuenta los saldos positivos de carbono y los atractivos precios internacionales al considerar las alternativas a los combustibles fósiles. Al mismo tiempo, este aspecto se ha vuelto una preocupación creciente por las cuestiones de sostenibilidad socio-ambiental de estos sistemas. Varios estudios han demostrado diversos impactos sobre la biodiversidad local, el uso de los recursos hídricos y la erosión del suelo, la contaminación del aire, entre otros (Macedo 2005, Doornbosch y Steenblik 2007).

La dimensión de los impactos socioeconómicos y ambientales de un plan de expansión como el esperado, es enorme. En Brasil, el cultivo de la caña de azúcar, además de ser un potencial generador de energía renovable, que contribuye a la sustitución de combustibles fósiles y al desarrollo de un prometedor escenario de la agroenergía, esta actividad también es reconocida como un importante agente de transformación de las regiones donde opera. Una expansión de la producción de etanol en la escala necesaria, puede causar diversos tipos de impacto regional, ya sea directa o indirectamente (Sparovek et al. 2009). Los efectos acumulativos a lo largo de los años, incluyendo aumento de la población, la introducción de servicios en la infraestructura, el comercio y las actividades industriales son también los efectos que deben ser considerados en una evaluación de la sostenibilidad, ya que son derivados de la actividad principal que está surgiendo en las regiones donde la producción debe ocurrir (Sparovek et al. 2007).

La Comprensión del Problema

La preocupación con el crecimiento de la importancia de los biocombustibles en general y del etanol, en particular, ha fomentado el interés en la manera de garantizar que se empleen mejores prácticas y tecnologías para mantener la calidad del combustible y reducir el impacto ambiental. Los procesos de certificación ambiental han sido discutidos recientemente por varios autores. Además de los parámetros técnicos de calidad, es cada vez mayor la incorporación de aspectos socioeconómicos y ambientales en la producción.

Recientemente, se han desplegado varios esfuerzos para establecer criterios e indicadores para la certificación con las preocupaciones sobre la sostenibilidad de la producción de biocombustibles (Smeets et al. 2006; Delzeit, Bohle, y Holm-Müller 2007; Delzeit y Holm-Müller 2009, Lewandowski y Faaij 2006). Algunos de estos estudios tratan de desarrollar o proponer una variedad de criterios e indicadores de los sistemas de certificación existentes, o a su vez incorporan algunas de las características especiales de acuerdo a los diferentes intereses. La aparición de las operaciones comerciales del etanol también dieron lugar a nuevas formulaciones de los indicadores de sostenibilidad de los biocombustibles. El comercio internacional ha liderado, de alguna manera, los esfuerzos para armonizar los procedimientos de certificación ambiental (Dehue, Meyer, y Hettinger, 2007) e incluso la armonización de normas técnicas (Anónimo 2007).

El presente artículo examina el estado actual de las tecnologías y las prácticas en uso en Brasil en relación con la cadena de producción de etanol y sus impactos ambientales. El objetivo es también el de señalar las oportunidades de mejoras para garantizar una mayor sostenibilidad de la expansión de la producción de ese combustible, teniendo también en cuenta los efectos acumulativos en el tiempo.

Se emplea el enfoque de un análisis SWOT, ya que se detallan a continuación y para resumir, el estado de los conocimientos existentes. En un inicio se discutirán el concepto de sostenibilidad y los límites asumidos para este análisis.

El Concepto de Sostenibilidad

Un análisis presentado por los técnicos ofrece varias soluciones que pueden contribuir a la consecución de los objetivos de producción propuestos. Muchas de esas soluciones son técnica y/o económicamente viables en el plazo previsto. Los impactos ambientales se pueden evaluar desde la perspectiva del técnico. Sin embargo, una iniciativa como la producción a gran escala de biocombustibles tales como el etanol, con profundas implicaciones para el desarrollo regional, también se debe reconocer el alcance adecuado del concepto de sostenibilidad.

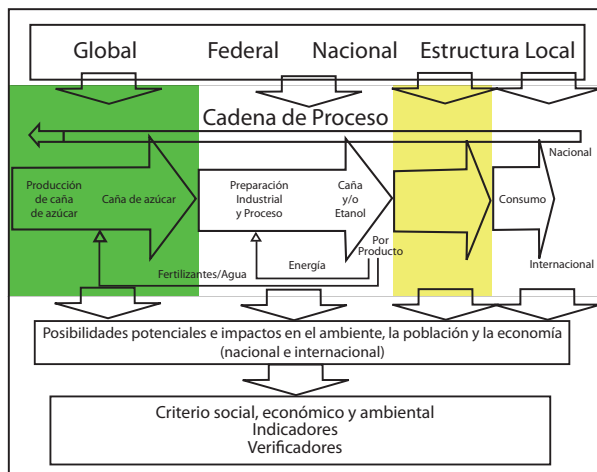
En cierto modo, la responsabilidad del técnico es limitada en el sentido de que es responsable de la legitimidad científica de las soluciones sugeridas, pero no de la aplicación de estrategias y sus impactos en el contexto socio-ambiental. Sin embargo, quien toma las decisiones o quien formula la política pública tiene esta función y responsabilidad. El proceso de decisión a este nivel requiere información de calidad y oportuna para examinar las consecuencias y la aceptación de las decisiones. El concepto de sostenibilidad debe incorporar todas estas dimensiones.

La sostenibilidad es un concepto normativo, incluyendo valores, percepciones y preferencias antes de un análisis técnico o científico (Omann 2000). Hay varias maneras de definir conceptos y en consecuencia los indicadores para evaluar el desarrollo sostenible (Meadows 1998, Bell y Morse 2003; Bossel 1999).

2 Las cifras de la producción de la zona centro-sur de Brasil y del etanol anhidrido e hidratado, respectivamente.

El análisis desarrollado aquí se restringe sólo al ámbito de aplicación de las soluciones técnicas y procesos y su impacto ambiental para la producción de etanol. En el Gráfico 1 se muestra el perfil de la producción y el uso del etanol. Las diferentes etapas del proceso tienen potencial impacto en los aspectos social, económico y ambiental. Se pueden elegir varios indicadores y criterios para supervisar y evaluar los efectos potenciales de las actividades involucradas. Se aplica al análisis SWOT sólo a la parte llamada “cadena de proceso” del Gráfico 1.

Gráfico 1: Análisis de Sostenibilidad de la Producción, Distribución y Uso de Etanol



Fuente: R. Delzeit e K. Holm-Müller 2009

Dentro de las limitaciones mencionadas, este esfuerzo es para evaluar y organizar la información y el análisis preparado de acuerdo a las percepciones de los impactos ambientales que pueden presentarse en Brasil. Este tipo de análisis puede ser útil para distinguir las soluciones que se indican en los diferentes grados de impacto percibido por los técnicos y contribuir a la toma de decisiones y las posibles estrategias de implementación de la expansión de la producción de etanol.

Análisis SWOT de la Sostenibilidad de la Expansión de la Producción

El análisis SWOT es a menudo utilizado para informar a quienes toman las decisiones de los factores críticos de una situación particular en estudio. Su objetivo es reducir la incertidumbre y ayudar en la formulación de estrategias que explican los factores que pueden influir en el éxito de un proyecto.

Es un tipo de análisis bastante sencillo, desarrollado inicialmente en el entorno empresarial y en la actualidad se utilizan en la formulación de políticas públicas y en los estudios de Análisis Ambiental Estratégico (véase, por ejemplo, Domingos (2006)).

SWOT o DAFO es un acrónimo de cuatro grupos de caracterizaciones que tratan de analizar un problema o situación. Esto significa: Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas. El análisis DAFO aplicado a este caso para la expansión de la producción de etanol en Brasil incluye las características que añaden “fortalezas” o beneficios observados con respecto a los impactos ambientales más bajos (F), las oportunidades que se ofrecen por la expansión de la producción de

acuerdo a las alternativas ofrecidas (O), los puntos de débiles y que pueden dañar el medio ambiente en relación a la situación actual, (D), y por último las posibles amenazas (A) que puede poner en peligro el medio ambiente si se aplican estas medidas.

Es importante destacar que las cuestiones ambientales y sociales, incluyendo la seguridad alimentaria no deben ser tratadas por separado, sino al mismo tiempo. Los problemas con los que se enfrenta la ecología, no sólo afectan al ambiente, sino también a los seres humanos y viceversa (Gadotti, 2000). Ferraz (2007) conceptualiza que un bien natural, como ha sido declarado el etanol, “es aquel que trabaja en estrecha colaboración con las cuestiones sociales y ambientales”. Este análisis DAFO sólo examina los impactos ambientales, reconociendo su limitación por ser necesario para reemplazar el análisis de las cuestiones sociales involucradas.

Los “Factores Ambientales”

La totalidad del análisis DAFO que se presenta aquí se realiza de conformidad con 7 factores ambientales, considerados los más críticos para la expansión del cultivo de la caña de azúcar en el país. A continuación, se definen esos factores:

LA CALIDAD DEL AIRE

La calidad del aire es el término que se utiliza generalmente para traducir el grado de contaminación del aire de impacto local y mundial y las características meteorológicas como la humedad del aire. Las fuentes de contaminantes del aire son numerosos y variables y puede ser antropogénicas o naturales.

En el caso de la producción de azúcar y etanol, la calidad del aire se refiere por ejemplo, a la práctica de la quema de la caña de azúcar y las emisiones resultantes de la utilización de combustibles fósiles en la preparación de la tierra, cosecha, transporte a la fábrica y la eliminación de etanol y la producción del azúcar.

LOS RECURSOS HÍDRICOS

Toda el agua que se puede utilizar para el consumo y la producción en un lugar y en un período de tiempo determinados se conoce como recursos hídricos. Se la puede encontrar en la superficie, tales como ríos, lagos y manantiales, o bajo la superficie, como en el caso del sistema de aguas subterráneas.

BIODIVERSIDAD

La biodiversidad es el término utilizado para definir la variabilidad de los organismos vivos, la flora, la fauna, hongos microscópicos y microorganismos, que abarcan la diversidad de genes y de poblaciones de una especie, la diversidad de especies, la diversidad de las interrelaciones, o los ecosistemas en los que la existencia de una especie afecta directamente a muchas otras.

EL USO DE LA TIERRA

El proceso de uso de la tierra y su ocupación es la representación espacial del sistema de producción de bienes y del desarrollo cultural de los hombres. Este sistema tiene como objetivo satisfacer las necesidades básicas de los seres humanos.

Los impactos ambientales se refieren principalmente a la adulteración del medio ambiente, a la supresión total e indiscriminada de la vegetación nativa e incluso de los cultivos de los productos básicos, a fin de aplicar nueva tecnología para la preparación de la tierra y la cosecha mediante la mecanización, por ejemplo.

CONSERVACIÓN DE SUELOS

Se entiende por conservación de suelos el mantenimiento y la mejora de su capacidad productiva.

El incumplimiento con las prácticas adecuadas de uso y conservación del suelo pone en riesgo las tierras agrícolas, base de la actividad agropecuaria, provocando la pérdida de suelos más allá de los niveles tolerables. La pérdida de nutrientes y materia orgánica, cambios en la textura, estructura y las caídas en las tasas de infiltración y retención de agua son algunos de los efectos de la erosión en las características del suelo. La compactación del suelo debido a la mecanización de la agricultura reduce e incluso elimina su capacidad de retener nutrientes, agua y de permitir el crecimiento de la vegetación.

USO DE PLAGUICIDAS

Son considerados plaguicidas, los insecticidas, herbicidas, fungicidas y otros productos diseñados para controlar las plagas que atacan a los cultivos. Sin embargo, estas sustancias pueden llegar a las masas de agua y son tóxicas, principalmente para los seres humanos.

USO DE FERTILIZANTES

La compensación por la pérdida de nutrientes se suele realizar por medio de fertilizantes industriales en el suelo. La lixiviación de los fertilizantes contamina el suelo y los cuerpos de agua o áreas de recarga de agua.

El nitrato, un componente de los fertilizantes, se encuentra en las aguas subterráneas debido a las altas tasas de lixiviación especialmente en suelos sometidos a cultivos permanentes, con la aplicación de grandes cantidades de fertilizantes inorgánicos y, más recientemente, orgánicos.

RESULTADOS

IMPACTOS EN LA CALIDAD DEL AIRE

Los impactos en la calidad del aire de las zonas de plantación de caña de azúcar están más estrechamente relacionados con la quema de cañaverales y el uso de combustibles fósiles (principalmente diesel) en las prácticas agrícolas (labranza de la tierra, siembra, cosecha y transporte) y la distribución de etanol.

FORTALEZAS

Legislación

Existe una legislación para controlar y prohibir la práctica de la quema de cañaverales.

En el ámbito nacional, el Decreto no. 2661 del 8 de julio de 1998, prevé, entre otras medidas, la eliminación gradual del empleo de la quema de los campos de caña de azúcar donde la recolección mecanizada es tecnológicamente posible. La ley obliga a una reducción de al menos 25% de la superficie (en una pendiente inferior a 12%) para cada período de cinco años a partir de 1998. Además, se establece que la quema controlada debe ser previamente autorizada por el Sistema Nacio-

nal de Medio Ambiente (SISNAMA) con actuación en la zona donde la operación se llevará a cabo. Por lo tanto, el Decreto establece que en el 2018 será el final de la quema en el 100% de las zonas de recolección mecanizada en el país.

En el estado de Sao Paulo hay una legislación para controlar la quema, al igual que un plazo para poner fin a dicha práctica y reemplazarla con la cosecha mecanizada (caña sin quemar). La suspensión es obligatoria por Ley del Estado de Sao Paulo 11.241 de 2002, que determina la eliminación gradual de la quema de cañaverales en las zonas con posibilidad de tener cosecha mecanizada (con pendiente de hasta 12%) para el 2021 y en las zonas con dificultad de mecanizar (pendientes con más de 12%) para el 2031. Para el programa en 2006, se vetó la quema de 30% de las zonas mecanizables.

Recientemente, el gobierno del Estado de Sao Paulo firmó el Protocolo Agro-ambiental con UNICA⁴ para reducir los plazos desde el 2021 al 2014 en las zonas mecanizables y desde el 2031 al 2017 en las zonas no mecanizables. Actualmente, 80% de las fábricas de Sao Paulo se adhieron al Protocolo, ya que la adhesión al protocolo es voluntaria. En la temporada de cosecha 2008/2009, el 49% de la cosecha se produjo sin quemar (SMA, 2009).

DEBILIDADES

La quema de la caña de azúcar

La quema de caña de azúcar es un problema de salud ambiental y pública. La práctica es antigua y está extendida en los estados productores, se utiliza para incrementar la productividad del trabajo en la cosecha y reducir los costos de transporte. Alrededor de 51% de la cosecha es manual en el Estado de Sao Paulo (responsable de 60% de la producción nacional), la cual requiere de la quema de la caña de azúcar.

En el marco de los problemas ambientales se incluyen: la contaminación del aire por los gases y el hollín, la destrucción y degradación de los ecosistemas (véase la sección sobre uso de la tierra y biodiversidad) y el suelo (véase la sección de conservación de suelos).

La quema de caña de azúcar trae consigo emisiones potencialmente dañinas para la salud humana: materiales de CO, CH₄, compuestos orgánicos y partículas. También está relacionada con las crecientes concentraciones de ozono en las ciudades alrededor de las plantaciones de caña de azúcar. La contaminación urbana causada se agrava aún más durante el invierno, cuando con frecuencia se producen inversiones térmicas. Hay estudios que dicen que hay relación directa, y otros que afirman que no hay relación entre la quema de caña de azúcar y las enfermedades respiratorias y las infecciones agudas crónicas (Smeets et al., 2006). Estudios del Departamento de Patología de la Facultad de Medicina de la Universidad de Sao Paulo (Saldivia y Miraglia, 2004) argumentan que esta relación existe, que afecta más a niños y ancianos. Se desconoce aún la

3 Sao Paulo es el estado que mas produce caña de azúcar en Brasil, concentrando cerca del 60% de la producción total.

4 La Asociación Brasileira de la Industria de la producción de caña de azúcar (UNICA) es el organismo más grande en Brasil, que representa a los productores de caña de azúcar, etanol y bioelectricidad.

magnitud de las infecciones agudas crónicas en el país causadas por las partículas de la quema de combustibles o de la biomasa.

Por otra parte, la práctica de la quema de caña de azúcar daña la infraestructura (red de transmisión y distribución de energía, carreteras, ferrocarriles) y las reservas forestales. La quema de las reservas forestales o plantaciones adyacentes aumenta la emisión de gases contaminantes y de efecto invernadero.

La Fiscalización

Las fallas en la fiscalización y la ejecución de la legislación vigente.

Compactación del Suelo, Uso de la Energía y Emisiones

La mecanización de la agricultura trajo contribuciones positivas a esta actividad, como el aumento de la productividad. Pero también ha generado contribuciones negativas para el medio ambiente, como la compactación del suelo (véase el ítem sobre conservación de suelos) y el aumento de emisiones contaminantes mediante el uso de combustibles fósiles (Tabla 1: Consumo de diesel oil, como introducción actual y futura a las nuevas tecnologías y prácticas).

En lo referente a las emisiones, el combustible utilizado en los procesos mecanizados convencionales para desplazar vehículos y equipos en suelo suelto acaba siendo utilizado para deformar el terreno, es decir, para generar compactación. Esto, a su vez demanda, una vez más, la inversión de maquinaria y combustible para las operaciones de descompactación en operaciones posteriores de cultivo de raíces de caña de azúcar o de preparación para la siembra. Los períodos de lluvia hacen más difícil la circulación de tráfico y, en consecuencia, requieren más combustible.

OPORTUNIDADES

Hay oportunidades para reducir y/o eliminar por completo la práctica de la quema y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la combustión y el transporte de etanol.

Ejemplo de Fiscalización

Una alternativa es mejorar y hacer cumplir la legislación vigente que prevé el final de la quema mediante un seguimiento eficaz. Se considera como alternativa acortar el tiempo para la prohibición total de la quema en el ámbito nacional. Un ejemplo de ello es el Protocolo Agroambiental del Estado de Sao Paulo. Otra opción sería que las nuevas fábricas sean obligadas a evitar la quema, mientras que las existentes cumplan un período de transición. Sin embargo, no es una alternativa sencilla debido a los aspectos sociales involucrados, que quedan fuera del alcance de este artículo.

Tecnología para el control del tráfico

Otra oportunidad es el uso de estructuras para el control de tráfico (ETC), que viabiliza la recolección de la caña verde en terrenos con una pendiente de hasta 40% y así consumir menos diesel oil por hectárea, reduciendo así la emisión de gases de efecto invernadero y emisiones de partículas. La Tabla

1 muestra el consumo de diesel oil para los diferentes sistemas de cultivo. El ETC permite la práctica de la siembra directa, una alternativa que promueve la conservación de suelos, de los recursos hídricos y la reducción del uso de agroquímicos.

Tabla 1: Consumo de Diesel como Introducción Actual y Futura a las Nuevas Tecnologías y las Prácticas

| Índice | actual | 2015 | 2025 |
|--|--------|------|------|
| 1- Uso de ETC (%) | 0 | 0 | 100 |
| 2- Uso de siembra directa (%) | <5 | 10 | 100 |
| 3- Uso de mapas de productividad georeferenciados (%) | 0 | 10 | 100 |
| 4- Uso de agricultura de precisión (%) | 0 | 10 | 100 |
| 5- Consumo de diesel oil en la preparación del suelo y el cultivo (l/tc) | 0,35 | 0,32 | 0,04 |
| 6- Consumo de diesel oil en la cosecha de caña de azúcar (l/tc) | 0,9 | 0,8 | 0,38 |
| 7- Consumo de diesel oil en el transporte de 25 km (l/tc) | 0,98 | 0,95 | 0,88 |
| 8- Consumo agrícola de diesel oil (l/tc) | 3,5 | 2,5 | 1,7 |

Fuente: Informe de la Fase 2 del Proyecto de Etanol (NIPE, 2007).

Las unidades ETC son unidades de potencia que llevan implementos agrícolas con ejes extra grandes de 20 a 30 m, con restricción topográfica (inclinación de la pendiente) del orden de 40% (12% para las cosechadoras convencionales de una línea) y que permiten la introducción de la técnica de siembra directa. Los ETC utilizan líneas de tráfico permanente, bien compactas con una alta eficiencia de tracción y sin interferencia con el área sembrada, que se encuentra entre las líneas de tráfico. En el caso de ETC con un eje de 30 metros, hay un área de sólo 4% dedicado a la circulación y el resto dedicado al desarrollo de las plantas. La mecanización actual utiliza tráfico intenso en aproximadamente 30% de la superficie, con una eficiencia de poca tracción y las plantas se desarrollan en suelo físicamente dañado.

AMENAZAS

Incluso con la reducción gradual de las áreas donde se permite la práctica de la quema de la caña, persiste el riesgo - hasta la prohibición total de la quema - de la degradación del bosque restante (bosque de ribera, cobertura de manantiales, las zonas de conservación) y el impedimento de la regeneración natural (degradación perenne).

EL SUMINISTRO Y LA CALIDAD DEL AGUA

No hay información detallada disponible sobre el nivel de contaminación de los ríos y cuencas en las diversas regiones; tampoco sobre cuál es la contribución de la cosecha de la caña de azúcar y la producción de etanol. Los principales impactos del uso del agua se concentran en la etapa de la producción de azúcar y etanol. (Smeets et al., 2006).

Existen también los contaminantes resultantes de la producción de caña de azúcar y de etanol que pueden alterar los acuíferos (reservas de agua dulce subterránea) y manantiales. Los dos tipos principales de contaminantes orgánicos (producción de etanol: la vinaza y residuos de filtro) y productos químicos (caña de azúcar: los fertilizantes y productos químicos agrícolas).

FORTALEZAS

Demanda relativamente baja de agua para el cultivo de la caña de azúcar

El cultivo de la caña de azúcar en Brasil es principalmente un regadío por agua de lluvia (Smeets et al., 2006; Mace-

do, 2005). Por lo tanto, hay un menor uso de agua para riego. La ninguna o escasa práctica de riego es de gran importancia para reducir el impacto ambiental, no sólo por el bajo uso de agua, sino también para evitar el arrastre de nutrientes, desechos de plaguicidas, pérdida de suelo, etc. El riego en caña de azúcar es más generalizado en la región nordeste de Brasil.

Sin embargo, el uso de riego es cada vez mayor. La creciente demanda de incorporación de nuevas áreas de caña de azúcar en el centro-sur de Brasil ha llevado a la explotación de las zonas con déficit hídrico pronunciado.

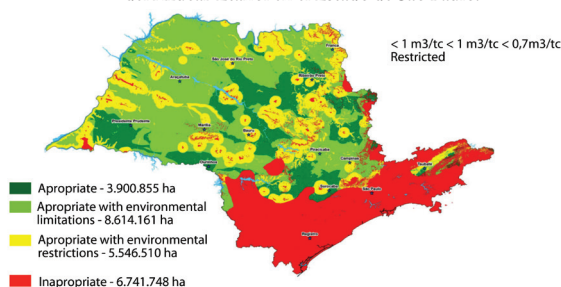
La aplicación de vinazas en la agricultura reduce la necesidad de la recogida de agua para el riego. Además, permite un menor uso de fertilizantes minerales, reduciendo las posibilidades de contaminación de los acuíferos y manantiales.

Gran parte del agua utilizada es reciclada y reutilizada (fertilización). En consecuencia, la recogida de agua, su consumo y liberación son más bajos.

Otra ventaja importante recientemente implantada en el Estado de Sao Paulo es la creación de la nueva zonificación agro-ambiental para el sector de la Caña de Azúcar. Al ser la principal región productora del país, tiene un impacto importante en la planificación ambiental del estado para disciplinar la expansión y uso del suelo y la calidad del agua, la calidad del aire y la biodiversidad.

Sobre la base de la zonificación agro-ambiental, la Secretaría de Medio Ambiente para la zonificación Agro-Ambiental del Estado de Sao Paulo, adoptó la Resolución SMA 88 el 19 de marzo de 2009, que define las directrices técnicas para la concesión de licencias ambientales de las empresas del sector del azúcar-alcohol en el estado. En las zonas consideradas adecuadas, hay un límite superior de captación de 1 m³/tonelada de caña, con la restricción de 0,7 m³/tonelada de caña de azúcar a las áreas adecuadas con limitaciones medioambientales (Mapa 1).

Mapa 1: Zonificación Agroambiental para el Sector del Azúcar-Etanol en el Estado de Sao Paulo.



Fuentes: CIIAGRO (2009).

Bajo impacto en la calidad del agua

Una evaluación de la EMBRAPA clasifica los impactos de la actual cosecha de la caña de azúcar en la calidad del agua en 1 (sin impacto) (Embrapa, 2003).

DEBILIDADES

La quema de la caña de azúcar

La práctica de la quema de la caña de azúcar reduce la cantidad de agua del suelo debido al calor intenso, los cambios en las características estructurales del suelo, que, en consecuencia, tienen efectos erosivos, y causan inundaciones (pérdida de suelo, nutrientes y agua) debido a la reducción de la cubierta de vegetación. Además, puede poner en peligro o eliminar las cuencas hidrográficas por la erosión y sedimentos mediante la destrucción de las zonas ribereñas.

Gran demanda en la fase industrial

La producción industrial utiliza una importante cantidad de agua del medio ambiente. A pesar de la necesidad de más estudios, algunas referencias indican los valores medios de captación de agua que van desde 3.000 hasta 5.000 litros de agua por tonelada de caña (Ferraz, 2007; Neto, 2005). Las encuestas realizadas por UNICA, a pesar de ser publicadas como informe interno ("reservado"), señalan un promedio de recogida de 1.830 litros de agua por tonelada de caña (Neto, 2005). Existe una perspectiva del sector para reducir la captación a 1.000 litros / tonelada de caña.

La contaminación de los acuíferos y aguas subterráneas

Según Ferraz (2007), el Acuífero Guaraní⁵ está cubierto por caña de azúcar con varios estudios que apuntan a su contaminación con herbicidas.

La aplicación de la vinaza como fertilizante puede ocasionar la salinización de las aguas subterráneas por filtración de estos elementos, pero también puede causar la nitrificación del suelo y contaminación de las aguas subterráneas, y la causa de graves enfermedades en los seres humanos (Veiga Filho, 2007). La regulación de su uso (norma de la Cetesb, 2005) en las zonas cercanas a las fábricas ya saturadas, muestra que aunque la vinaza es un subproducto orgánico y contiene agua y nutrientes, su uso debe ser controlado.

La contaminación de las aguas superficiales

Los aluviones pueden arrastrar suelos, pesticidas y fertilizantes orgánicos e inorgánicos hacia las vertientes de agua, comprometiendo la calidad del agua en cuanto a contaminación y sedimentación y causando el enterramiento de estas cuencas.

En algunas regiones, de acuerdo con Ferraz (2007), todos los manantiales rodeado de caña de azúcar están contaminados por productos químicos en el mismo manantial.

5 El Acuífero Guaraní, que se encuentra debajo de la superficie de la Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay, es uno de los sistemas acuíferos más grandes del mundo y es una fuente importante de agua dulce.

Con el empleo de las nuevas tecnologías de segunda generación (la hidrólisis enzimática y ácida), habrá necesidad de consumo de agua.

OPORTUNIDADES

Hay varias alternativas para reducir los impactos sobre la calidad y el suministro que van desde la agricultura hacia la fase industrial.

Se debe considerar a futuro la conversión de los sistemas de riego de superficie, el principal método de riego en el país, cuya eficacia es muy baja. En el caso de las regiones con déficit de agua, el riego puede ser ambiental y económicamente viable, especialmente con el uso de métodos más eficientes: equipos con facilidad de control; la gestión adecuada de los sistemas de riego de superficie; sistemas para una mayor uniformidad en la aplicación de agua (aspersión) y riego localizado (riego por goteo y micro). Por ejemplo, el riego por goteo sub superficial mostró su viabilidad económica en los experimentos realizados por el Centro de Tecnología de la Caña de Azúcar en la región de Ribeirao Preto.

También se debe considerar el reducir la recopilación, uso y liberación de agua. Alrededor del 87% de los usos del agua se producen en cuatro procesos: lavado de la caña de azúcar (25,4%), condensador / multijets en la evaporación y vacío (28,5%), refrigeración y condensadores de etanol (33,3%) (Neto, 2005). El uso de agua en el lavado de la caña de azúcar (5 m^3 / tonelada de caña de azúcar) se puede reducir con la limpieza en seco de la caña de azúcar. Parece posible llegar a valores cercanos a 1 m^3 / tonelada de caña (captación) y cero en liberación, con la optimización de la utilización y reutilización de aguas residuales en fertirrigación.

La humedad y la compactación del suelo son factores estrechamente vinculados a la longevidad del campo de caña de azúcar. Las tecnologías para el control de tráfico y el evitar la labranza, se enfocan concretamente en los parámetros de producción, para proporcionar humedad al suelo, una mejor utilización del agua de lluvia (el agua almacenada y retenida en el suelo), la compactación del suelo y por lo tanto reducir la incidencia de aluviones (pérdida de suelo, nutrientes y agua), y un menor uso de herbicidas y fertilizantes.

El uso controlado de las vinazas (fertirrigación) reduce el uso de fertilizantes inorgánicos en la agricultura, disminuyendo el riesgo de contaminación de los acuíferos.

Además, la concentración térmica de vinazas puede reducir la absorción de agua por el uso de condensado.

Existe el desarrollo de nuevas variedades de caña de azúcar con una mayor resistencia al estrés hídrico, con menos necesidad de riego en zonas con déficit de agua.

La reanudación del desarrollo de la biodigestión anaer-

robía de vinazas es una alternativa para reducir la carga de materia orgánica, elevando el pH y la eliminación de sulfato de la vinaza.

El ejemplo del Estado de Sao Paulo, en el establecimiento de un sector nacional de ordenamiento Agroambiental como un importante instrumento de planificación, se considera una medida crucial para disciplinar la expansión de la industria y el uso de la tierra.

AMENAZAS

Si no se toman medidas alternativas y soluciones, la expansión de la producción de etanol puede provocar:

- 1- El aumento en el uso de herbicidas, pesticidas y fertilizantes minerales, que puede causar la contaminación de los acuíferos;
- 2- Aumento de la demanda de riego en zonas con déficit de agua;
- 3- Aumento de la eliminación incontrolada de vinazas en el suelo y en los recursos hídricos cercanos.

USO DE LA TIERRA Y BIODIVERSIDAD

FORTALEZAS

Existe una disponibilidad de tierras para satisfacer la producción de 205 millones de m^3 de etanol para el año 2025 según el proyecto de etanol (Nipe, 2007), es decir el 10% de la gasolina del mundo. Los escenarios de Nipe (2007) consideraron el establecimiento de reservas en el 20% de la superficie plantada, y se consideró la no utilización de zonas de reservas forestales, reservas indígenas, parques, etc.

Ambos escenarios para la producción de etanol (104,5 y 205 millones de m^3) para el año 2025, debido al aumento de la productividad de la caña de azúcar y etanol en la "tecnología progresiva", se reducen las áreas que se necesitan. Esto reducirá el posible desplazamiento de los cultivos y los pastos y los impactos sobre la biodiversidad.

El incremento de la productividad se debe a la mayor eficiencia energética en el uso de bagazo en el proceso industrial y una mayor recuperación de los residuos durante la cosecha, que llegará a 50%.

Estas ganancias en la productividad significaría una reducción de 8% y 17% en la producción de caña de azúcar en 2015 y 2025, respectivamente. Y una reducción de 17% y 23% en el número de destilerías en el 2015 y 2025 en comparación con un escenario sin tecnología.

Una de las ventajas mencionadas es que el cultivo de la caña de azúcar proporciona la recuperación de los suelos con la siembra de otros cultivos.

6 El escenario de 104,5 millones de m^3 prevé un aumento en el rendimiento de 93,3 l/toneladas de caña de azúcar y 100,2 l/toneladas de caña en 2015 y 2025, respectivamente, un aumento del 10% y 18% en comparación con el escenario sin tecnología (85 l/toneladas de caña), y la situación actual. El escenario de 205 millones de m^3 prevé un aumento en los ingresos de 92,6 l/toneladas de caña de azúcar y 102,1 l/tc en 2015 y 2025, respectivamente, un aumento del 9% y 20% en comparación con el escenario sin tecnología (85 l/toneladas de caña) y la situación actual (de Nipe, 2007).

La Zonificación Agro-Ambiental del Estado de Sao Paulo es una importante ventaja ya que es la principal región productora del país. La zonificación disciplina la expansión de la caña de azúcar y el uso de la tierra, entre otras cuestiones importantes del medio ambiente. La Resolución SMA 88 del 19 de marzo de 2009, sobre la base de la Zonificación Agro-Ambiental, establece que en las áreas consideradas adecuadas, se deben tomar acciones relacionadas con el uso de la tierra y la preservación y restauración de la biodiversidad. En algunas zonas se requiere la formación de corredores ecológicos.

DEBILIDADES

La práctica de la quema de la caña de azúcar daña la biodiversidad y los ecosistemas, con una clara reducción de las poblaciones de vertebrados e insectos, mediante la eliminación del hábitat o la muerte por fuego y quema de la cubierta vegetal. Las reservas del medio ambiente, las zonas ribereñas y las cuencas hidrográficas también están amenazadas por la expansión de la cultura y/o la práctica de la quema.

La diversificación de los hábitats terrestres y húmedos se asocian frecuentemente con una fragmentación⁷ del hábitat, dando lugar a cambios profundos en el equilibrio entre las especies del campo y de las costas y puede provocar el aislamiento genético de las poblaciones, así como la mortalidad asociada con la dispersión de los animales.

El discurso del gobierno y de los productores de azúcar y de etanol pone de relieve que la expansión de la caña de azúcar se está produciendo en las zonas degradadas y en pastizales. Por otra parte, de acuerdo con las organizaciones ambientales, el desplazamiento de manera indirecta de la ganadería y los cultivos menos rentables, pueden estar ocurriendo en los bosques nativos y sabanas. Ferraz (2007), de Embrapa, dijo que “su preocupación por la devastación de los bosques, y la ocupación de las zonas productoras de alimentos es el mismo fenómeno que el ocurrido con la soja”. Estos impactos indirectos no deben ser despreciados y deben ser considerados en los estudios sobre el uso de la tierra y los impactos sobre la biodiversidad.

OPORTUNIDAD

Teniendo como ejemplo el Estado de Sao Paulo, el establecimiento de una zonificación agro-ambiental nacional, como un importante instrumento de planificación, se considera una medida crucial para disciplinar la expansión del sector y la utilización de la tierra.

Creación de corredores de biodiversidad⁸ en las plantaciones de caña de azúcar.

Al igual que estimular la producción de etanol por sistemas orgánicos⁹ que, entre otras prácticas, promueve la cosecha sin quema y por tanto, cumple con las áreas de reserva legal.

Hay un debate sobre la mejor alternativa para mantener las áreas de preservación ambiental: 1. La práctica jurídica actual que garantiza al menos 20% de la superficie plantada de la superficie plantada de caña de azúcar para las reservas ambientales; o 2. la necesidad de cada Estado de definir un área de reserva ambiental compatible con sus necesidades.

AMENAZAS

Si la expansión de la producción de caña de azúcar se produce por el sistema convencional, es probable que se dé una reducción de la biodiversidad en grandes zonas de la plantación, como lo indica la encuesta realizada por la Embrapa - Monitoreo por Satélite en zonas de la región de Ribeirão Preto, en Sao Paulo. En una plantación de caña de azúcar convencional, no hay más de 30 especies, mientras que en las propiedades que utilizan el sistema orgánico de producción se han identificado 248 especies. (Embrapa, 2005).

Existe también el riesgo de la degradación y quema de áreas de reserva, los mismos que son eventos recurrentes, pero poco difundidos en los medios de comunicación. Como ejemplo, la Estación Ecológica de San Carlos, Unidad de Conservación en la ciudad de Brotas (Sao Paulo), tiene un registro de los daños directos e indirectos causados por la quema de la caña de azúcar que se extiende hasta sus límites (Ferreira, 2007)

Con el uso de la “producción orgánica”, puede haber un riesgo en el aumento de las plagas y malas hierbas, con posibles impactos sobre la producción y en el equilibrio ecológico local.

En términos locales, puede haber presión sobre la oferta y sobre los costos de producción de los alimentos¹⁰.

LA PRESERVACIÓN DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS

FORTALEZAS

La pérdida de suelo en el cultivo de caña de azúcar, es menor comparado con muchos otros cultivos. Sólo el maíz, el fréjol y el camote (batata) tienen menor o igual pérdida del suelo que la caña de azúcar.

7 La fragmentación es un proceso de origen humano que causa la fragmentación de ecosistemas naturales en piezas continuas mas pequeñas con frecuencia desconectadas de otras áreas similares, que conduce al aislamiento de la especie y su consiguiente extinción.

8 El Corredor de la Biodiversidad es un área estratégica para la conservación del medio ambiente a escala regional. Comprende una red de áreas protegidas, intercaladas con zonas con diferentes grados de ocupación humana. La gestión está integrada para ampliar la posibilidad de supervivencia de todas las especies, el mantenimiento de procesos ecológicos y evolutivos y el desarrollo de una economía regional basada en el uso sostenible de los recursos naturales. En las zonas de alta fragmentación de los bosques, como el Atlántico, los corredores de biodiversidad también tiene el objetivo de la rehabilitación y la conexión de los fragmentos de los bosques. Por lo tanto, se espera superar el aislamiento de las áreas protegidas y aumentar la conectividad de los ambientes.

9 El monitoreo por Satélite de EMBRAPA realizó un trabajo sobre la biodiversidad de la fauna en fincas de caña de azúcar, en Ribeirão Preto (SP), lo cual cambió el sistema convencional de producción para el sistema orgánico. A través de encuestas, realizadas entre 2002 y 2003, 248 especies, fueron identificadas mostrando un incremento en la diversidad biológica - en las plantaciones de la caña convencional se encontraron más de 30 especies.

10 Se reconoce la cada vez mayor concentración de la tierra en nuevas áreas de expansión de la caña de azúcar, como en la región oeste del Estado de Sao Paulo, en forma de arrendamiento y compra de tierras (Veiga Filho, 2007). Una de las consecuencias es la ruptura del tejido social y productivo, con las actividades de menor expresión a nivel de región macro, pero importante a nivel local, sin embargo desarticuladas. Las pequeñas asociaciones productivas, construidas durante un largo periodo de tiempo, y que consolidaron las relaciones con las características socio-económicas de la sostenibilidad, podrían ser rotas por el impacto de la caña de azúcar.

La evolución tecnológica de la producción de caña de azúcar ha permitido que, en algunas áreas, se realice la cosecha sin quemar. La gestión de la cosecha sin quema de paja y la labranza reducida mejorarían el nivel de conservación de suelos. La reducción de las pérdidas de suelo y agua entre la paja quemada y en dejar la paja en la superficie de la tierra es de 68% y 69%, respectivamente (Donzelli, 2005).

El uso controlado de las vinazas (fertirrigación) como un fertilizante orgánico, reduce la necesidad de aplicación de fertilizantes químicos, reciclando nutrientes y afluentes de la producción de etanol.

El análisis de los efectos de las vinazas en las propiedades del suelo indican que su adición en el suelo es una buena opción para el uso de este producto, que es un excelente fertilizante y trae beneficios para las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Las ventajas del uso de las vinazas son: el aumento del pH, aumento de la capacidad de intercambio catiónico, la disponibilidad de ciertos nutrientes, la mejora de la estructura del suelo, el aumento de la retención de agua y el desarrollo de la microflora y microfauna del suelo.

El cultivo de la caña de azúcar puede regenerar las zonas degradadas, ya que se cumplen las mejores prácticas de producción de la producción desde un punto de vista ambiental.

DEBILIDADES

La práctica de la quema de la caña de azúcar tiene consecuencias perjudiciales para las características físicas y la estructura del suelo, tales como:

- El cambio de concentración de gases;
- Disminución de la fertilidad y la humedad del suelo;
- La pérdida de nutrientes volátiles;
- La exposición a los efectos de la erosión de la tierra.

Como se mencionó anteriormente, la mecanización de la agricultura ha traído algunas contribuciones positivas y negativas, como la compactación del suelo resultante del tráfico, que afecta a la sostenibilidad de la agricultura de la caña de azúcar, en términos de costos de producción y conservación de suelos. Con la modernización de la agricultura, el peso del equipo y la intensidad de uso de la tierra aumentó drásticamente, con los cambios de las propiedades físicas del suelo, como el aumento de la densidad y resistencia a la penetración.

Las causas de la mecanización convencional:

- Modificación de las propiedades físicas del suelo (aumento de la densidad y resistencia a la penetración).
- Intenso tráfico en ~ 30% de la superficie sembrada.

La aplicación de la vinaza como fertilizante es muy común y casi todas las vinazas se reciclan. En general, se producen de 10 a 15 litros de vinaza por litro de etanol, dependiendo

de las características de la caña de azúcar y su procesamiento (Macedo, 2005). Uno de los impactos más significativos es el efecto del anión sulfato en el suelo. La presencia del sulfato en las destilerías de etanol de caña de azúcar es el resultado de la utilización de ácido sulfúrico en la fermentación. En el caso de una destilería autónoma, se utiliza aproximadamente 5 kilogramos de ácido sulfúrico (98% de concentración) por m³ de etanol producido, un valor que indica que se aplican en el suelo dosis relativamente altas de sulfato.

Un gran número de estudios relacionados con la lixiviación y la potencial contaminación de las aguas subterráneas mediante el reciclado de vinazas indican que en general no hay efectos nocivos para las aplicaciones por debajo de 300 m³/ha. El nivel técnico P4.231/2005 de CETESB¹¹, perteneciente a la Secretaría de Medio Ambiente (Sao Paulo), regula todos los aspectos: las zonas de riesgo (prohibición); las dosis permitidas; las tecnologías.

OPORTUNIDADES

El concepto de control de tráfico, entre otras funciones que ejerce, tiene el objetivo de resolver el problema de la compactación del suelo. Un simple análisis de este círculo vicioso de la energía gastada en la compresión sucesivas y en las operaciones de descompresión, toma el concepto de tráfico controlado, que consiste en la separación de las zonas utilizadas para el cultivo de plantas de las utilizadas para el tráfico de los equipos.

Eliminación biológica de sulfato por digestión anaeróbica: desarrollo tecnológico. El sulfato eliminado puede ser reciclado y utilizado en la producción de ácido sulfúrico.

USO DE PLAGUICIDAS Y FERTILIZANTES AGRICOLAS

FORTALEZAS

El uso de insecticidas, fungicidas, acaricidas y otros productos químicos en el cultivo de la caña de azúcar en Brasil es menor que en el cultivo de cítricos, maíz, café y soja.

El uso controlado de las vinazas (fertirrigación) reduce el uso de fertilizantes inorgánicos en la agricultura y permite el reciclaje de los residuos de producción de azúcar y etanol.

DEBILIDADES

El uso de herbicidas, pesticidas y fertilizantes minerales puede resultar en la contaminación de los acuíferos, que son las reservas subterráneas de agua dulce.

El poder contaminante de la vinaza, unas cien veces mayor que el de las aguas residuales domésticas, se debe a su riqueza en materia orgánica, bajo pH, alto poder de corrosión y

11 La Agencia Ambiental del Estado de Sao Paulo (www.cetesb.sp.gov.br/).

altos niveles de demanda bioquímica de oxígeno-DBO (20.000 a 35.000 mg/l) al igual que la alta temperatura a la salida de los destiladores (85 a 90 ° C). La vinaza es considerada altamente perjudicial para la fauna, la flora, la microflora y la microfauna de agua dulce, además de ahuyentar a la fauna marina para que se dirija a las costas de Brasil para su procreación (Da Silva et al., 2007 apud Freire & Cortez, 2000).

La maleza conduce a grandes pérdidas en el cultivo de la caña de azúcar, con pérdidas en la productividad que van desde el 10% a más del 80% (Junior, 2005). En comparación con otros cultivos, en Brasil, la caña de azúcar emplea más herbicidas que el café y el maíz y un poco menos que los cítricos, igualando a la soja. Los valores son casi los mismos.

OPORTUNIDADES

La práctica de evitar la siembra directa y el uso de ETC reduciría el uso de agroquímicos y fertilizantes inorgánicos.

El incremento del uso y estudio de control biológico de plagas y malas hierbas, así como nuevas variedades resistentes a ellos también reduce la necesidad de productos químicos agrícolas.

La agricultura de precisión es otra práctica que facilita el proceso de gestión ambiental.

AMENAZAS

La expansión de la producción de etanol puede, si no existen alternativas y no se toman soluciones, conducir a un mayor uso de herbicidas, pesticidas y fertilizantes minerales.

En muchas situaciones hoy en día, comienza a incrementarse el interés en las nuevas tecnologías basadas en el uso de la modificación genética de las plantas para añadir resistencia a las plagas o características de los plaguicidas. Sin embargo, existe potencial para problemas como la propagación de los genes, los impactos adversos sobre los organismos no objetivos, la potencial contaminación de alimentos, etc.

CONCLUSIONES

El cuadro siguiente presenta un resumen del análisis FODA realizado en este trabajo. Se puede ver a través del análisis que han evolucionado positivamente los aspectos importantes de la sostenibilidad ambiental de la producción de la producción de etanol en Brasil. Hay, sin embargo, otros aspectos que necesitan más atención y supervisión. Se necesita un mayor conocimiento de los efectos acumulativos del uso de la tierra y de la deposición de efluentes para avanzar en la evaluación de sus impactos y de las medidas de mitigación.

Cuadro 2: Resumen del Análisis SWOT (o DAFO)

| | |
|---|---|
| <p>S</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ninguna o poca necesidad de riego - Reutilización /reciclaje de gran parte de agua utilizada - Reciclado integral de efluentes industriales (vinaza, torta de filtro y aguas residuales) - Legislación del control de prohibición de la práctica de la quema - Mayor preservación de los suelos en relación con otros cultivos - Disponibilidad de suelos - Menor uso de plaguicidas/fertilizantes en relación a otros cultivos (fertirrigación e optimización) - Zoneamiento agroambiental en el Estado de SP | <p>D</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alteraciones estructurales del suelo (pérdidas de agua, nutrientes del suelo, salinización, acidez) - Contaminación Atmosférica (contaminantes y hollín): quemas y mecanización agrícola - Errores en la fiscalización (quemas de vinaza) - Compactación del suelo - Salinización y contaminación de lechos y manantiales (vinaza, contaminantes y plaguicidas) - Lixiviación y sedimentación - Fragmentación de los hábitats y reducción de la biodiversidad |
| <p>O</p> <ul style="list-style-type: none"> - Labranza directa - Uso de ETCs (considera la colecta de la caña cruda) - Agricultura de precisión - Tecnología de información - Uso controlado de vinaza - Corredores de biodiversidad - Reducción de la recogida, uso y liberación del agua - Mejoramiento genético - Concentración térmica y biogestión de vinaza - Zoneamiento agroambiental nacional | <p>A</p> <ul style="list-style-type: none"> - Efectos acumulativos del uso del suelo y de los implementos agrícolas - Agotamiento de recursos hídricos: aumento de la demanda por riego en áreas con déficit hídrico y uso industrial del agua. - Aumento del uso de plaguicidas y fertilizantes orgánicos - Desplazamientos de cultivos y pastizales - Riesgo de degradación y quema de las áreas de reserva |

Bibliografía

- Anon. 2007. White Paper on Internationally Compatible Biofuels Standards. TRIPARTITE TASK FORCE BRAZIL, EUROPEAN UNION & UNITED STATES OF AMERICA. http://www.anp.gov.br/doc/biodiesel/White_Paper_on_Internationally_Compatible_Biofuels_Standards_Final.pdf.
- Bell, Simon, e Stephen Morse. 2003. Measuring sustainability. Earthscan.
- CIAGRO - Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas. Zoneamento Agroambiental para o Setor Sucroalcooleiro do Estado de São Paulo: síntese do zoneamento. São Paulo: SMA, 2008. http://www.ciagro.sp.gov.br/Zoneamento_Agroambiental/index.htm
- Da Silva, Melissa A. S.; Griebeler, Nori P.; Borges, Lino C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, n.1, p.108-114, 2007.
- Dehue, B., S. Meyer, e W. Hettinga. 2007. Towards a harmonised sustainable biomass certification scheme. Google Scholar.
- Delzeit, R., e K. Holm-Müller. 2009. Steps to discern sustainability criteria for a certification scheme of bioethanol in Brazil: Approach and difficulties. *Energy* 34, no. 5 (Maio): 662-668. doi:10.1016/j.energy.2008.09.007.
- Delzeit, Ruth, Hans-Georg Bohle, e Karin Holm-Müller. 2007. Towards a certification of biomass: Feasibility of a certifications scheme of sustainability standards for trade and production of bioethanol in Brazil. Institute for Food and Resource Economics.; University of Bonn. http://www.ilr1.uni-bonn.de/agpo/publ/dispap/download/dispap07_01.pdf.
- Domingos, T (coord.). Avaliação Ambiental Estratégica do Programa de Desenvolvimento Rural 2007-2013 de Portugal - Continente. Lisboa: Instituto Técnico Superior, 2006.
- Donzelli, Jorge Luis. Preservação dos solos agrícolas. Capítulo 7. In Macedo (2005), A Energia da cana-de-açúcar: doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade. São Paulo: Berleandis & Vertecchia, UNICA, 2005a.
- Doornbosch, R., e R. Steenblik. 2007. BIOFUELS: IS THE CURE WORSE THAN THE DISEASE? Round Table on Sustainable Development. Paris: OECD. Google Scholar.
- Embrapa. Agroecologia da cana de açúcar. Impacto Ambiental da Cana-de-Açúcar. Novembro de 2003. Disponível em: www.cana.cnpem.br. Acessado em 14/06/2007.
- Embrapa. Monitoramento registra aumento da biodiversidade em sistemas de produção orgânicos. Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: http://www.embrapa.gov.br/noticias/banco_de_noticias/2005/folder.2005-08-15.5931044316/foldernoticia.2005-08-15.6761991895/noticia.2005-09-09.9717211999/mostra_noticia. Acessado em 15/05/2007.
- Ferraz, José Maria Gusman. Workshop de Pesquisa sobre Sustentabilidade do Etanol: diretrizes de políticas públicas para a agroindústria do Estado de São Paulo. Painel 4: Gestão Ambiental (palestrante). FAPESP: Instituto de Economia Agrícola, 14 de junho de 2007.
- Ferreira, Manoel Eduardo Tavares. A queimada de cana e seu impacto sócioambiental. Adital: Notícias da América Latina e Caribe. Artigo publicado em 07/03/2007. Acessado em 25/06/2007. <http://www.adital.com.br/site/noticia.asp?lang=PT&cod=26600>
- Gadotti, Moacir. Pedagogia da Terra. São Paulo: Peirópolis, 2000. Série Brasil Cidadão, 224p. 2ª Edição.
- Goldemberg, J., S. T Coelho, e O. Lucon. 2004. How adequate policies can push renewables. *Energy Policy* 32, no. 9: 1141-1146.
- Goldemberg, J., S. T Coelho, P. M Nastari, e O. Lucon. 2004. Ethanol learning curve—the Brazilian experience. *Biomass and Bioenergy* 26, no. 3: 301-304.
- Hartmut Bossel. 1999. Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications. International Institute for Sustainable Development.
- Junior, Adhair Ricci. Defensivos: herbicidas. Capítulo 8: Uso de defensivos agrícolas. In Macedo (2005), A Energia da cana-de-açúcar: doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade. São Paulo: Berleandis & Vertecchia, UNICA, 2005.
- Lewandowski, I., e A. P. C. Faaij. 2006. Steps towards the development of a certification system for sustainable bio-energy trade. *Biomass and Bioenergy* 30, no. 2: 83-104.
- Macedo, Isaias. 2005. Uso de defensivos agrícolas. In A Energia da cana-de-açúcar: doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade. I. Macedo.
- Macedo, Isaias, org. 2007. A Energia da cana-de-açúcar: doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade. Berleandis & Vertecchia. São Paulo: UNICA.
- Macedo, Isaias C., Joaquim E.A. Seabra, e João E.A.R. Silva. 2008. Green house gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: The 2005/2006 averages and a prediction for 2020. *Biomass and Bioenergy* 32, no. 7 (Julho): 582-595. doi:10.1016/j.biombioe.2007.12.006.
- Meadows, Donella. 1998. Indicators and Information Systems for Sustainable Development. The Sustainability Institute.
- Neto, André Elia. Captação e uso de água no processamento da cana-de-açúcar. Capítulo 5: Impactos no suprimento de água. In Macedo, I.C.; A Energia da cana-de-açúcar: doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade. São Paulo: Berleandis & Vertecchia, UNICA, 2005.
- NIPE - Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético da UNICAMP. Estudo sobre as possibilidades e impactos da produção de grandes quantidades de etanol visando à substituição parcial de gasolina no mundo - Fase 2. Campinas: NIPE/UNICAMP, 2007. Reservado.
- Omman, I. 2000. How can Multi-criteria Decision Analysis contribute to environmental policy making? A case study on macro-sustainability in Germany. In Third International Conference of the European Society for Ecological Economics.
- SMA - Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Resultado Safra 08/09. São Paulo: SMA, 2009. Disponível em: http://homologa.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/relatorio_etanol_verde_2009A.pdf.
- Smeets, E., M. Junginger, A. Faaij, A. Walter, e P. Dolzan. 2006. Sustainability of Brazilian bio-ethanol. Utrecht: Universiteit Utrecht, Copernicus Institute. Google Scholar. http://www.chem.uu.nl/nws/www/general/personal/smeets_a_files/nieuw/E2006-110.pdf.
- Sparovek, Gerd, Alberto Barretto, Goran Berndes, Sergio Martins, e Rodrigo Maule. 2009. Environmental, land-use and economic implications of Brazilian sugarcane expansion 1996-2006. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 14, no. 3 (Março 1): 285-298. doi:10.1007/s11027-008-9164-3.
- Sparovek, Gerd, Gran Berndes, Andrea Egeskog, Flavio Luiz Mazzaro de Freitas, Stina Gustafsson, e Julia Hansson. 2007. Sugarcane ethanol production in Brazil: an expansion model sensitive to socioeconomic and environmental concerns. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining* 1, no. 4: 270-282. doi:10.1002/bbb.31.
- Veiga Filho, Alceu de Arruda. Novo ciclo do Proálcool: problemas derivados do aumento da produção do etanol. Dossiê Etanol, n. 86. ComCiência: Revista Eletrônica de Jornalismo Científico, 2007. Disponível: <http://www.comciencia.br/comciencia/?section=8&tipo=dossie&dedicao=23>

Aspects of Environmental Sustainability of Ethanol Production in Brazil: Technologies and Practices



Gilberto De Martino Jannuzzi¹

University of Campinas - UNICAMP

Prof. Jannuzzi is an Associate Professor of Energy Systems at the Department of Energy, Mechanical Engineering Faculty, UNICAMP (University of Campinas), Brazil, and Senior Researcher at the Centre for Interdisciplinary Energy Studies at UNICAMP. He is also the Executive Director of the International Energy Initiative, a Southern-conceived, Southern-led and Southern-located South-South-North partnership. It is a small, independent, international non-governmental public-purpose organization led by internationally recognized energy experts, and with regional offices, staff and programs in Latin America, Africa and Asia. Prof. Jannuzzi has a Ph.D. degree from Cambridge University, U.K. (Energy Research Group, Cavendish Laboratory), and spent some time as Visiting Scholar at Lawrence Berkeley National Lab., USA, UNEP Centre on Energy and Environment, Denmark, Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement, France, and others. He has been the Dean of the Graduate Program in Energy Planning of the University of Campinas (UNICAMP) and Technical Coordinator of the National Energy R&D Fund at the Centre for Strategic Management and Studies, Brazilian Ministry of Science and Technology. Previously, he was the Executive-Director of the Technology Transfer Office of the University of Campinas.

The interests of Prof. Jannuzzi are related to energy planning, with special emphasis on energy efficiency and conservation, renewables, energy and environmental policy, and technology transfer issues.



Rodolfo D. M. Gomes

International Energy Initiative

Dr. Gomes is a mechanical engineer from the University of Campinas (UNICAMP), Brazil, with a MSc degree from the Graduate Program in Energy Planning of the same University. He is currently working for the International Energy Initiative (Latin American Office) as Associate Researcher and Director's Assistant. He worked as advisor for Sweco Grøner and KanEnergi (Oslo, Norway), representing the International Energy Initiative (Latin American office), under the Norwegian Fredskorpset's exchange of employees programme.

The interests of Dr. Gomes are related to renewable energy sources, energy efficiency, energy and environmental policy, and science and technology policy.

Abstract

The article aims to provide a kind of SWOT analysis to assess the environmental sustainability aspects of the production of ethanol in Brazil. SWOT analysis is often used to inform decision makers and the critical determinants of a particular situation under study. It aims to reduce uncertainty and to assist in formulating strategies explaining the factors that may influence the success of a project. Known impacts are recorded in seven environmental factors, considered the most critical for the expansion of cultivation of sugarcane in the country, air quality, water resources, biodiversity, soil occupation, soil preservation, agricultural use of pesticides, and use of agricultural fertilizers. We conclude that there has been progress toward sustainability improving aspect however, new agricultural practices and technologies that minimize the use of water and effluents are required.

Introduction

The development and use of biofuels, especially ethanol and biodiesel have acquired great importance not only in Brazil but also internationally. The European Union has set ambitious targets to create a market for biofuels to reduce its dependence on imported fossil fuels and as part of its strategy to meet the goals of the Kyoto Protocol. Japan and USA also have ambitious plans to replace part of its demand for gasoline with ethanol (Doornbosch and Steenblik 2007).

Brazil has a successful experience over thirty years in developing a domestic market for ethanol produced from sugarcane. During this period

¹ The author would like to thank the support received from agencies FAPESP and DAAD for partial implementation of this work.

it were developed agricultural and industrial technologies, varieties of sugarcane which, together with public policies and regulation resulted in the creation of a final product very competitive with gasoline (Macedo 2007, Goldemberg et al. 2004, Goldemberg, Coelho, and Lucon 2004).

The Brazilian ethanol is able to replace gasoline with significant environmental benefits, avoiding the emissions of 2,6-1,7 t CO₂/m³ (²) and a current value of 8.3 times more energy produced (renewable energy in ethanol) than the fossil fuel energy input, calculated on basis of the life cycle of ethanol (Macedo, Seabra, e Silva 2008).

A large expansion of sugarcane - ethanol is aimed to be planted in Brazil and other regions, especially given the positive balances of carbon and attractive international prices when considering the alternatives to fossil fuels. At the same time, it is a growing concern with issues of socio-environmental sustainability of these systems. Several studies have shown different impacts on local biodiversity, use of water resources use and soil erosion, air pollution, among others (Macedo 2005, Doornbosch and Steenblik 2007).

The dimension of social-economic and environmental impact of an expansion plan as expected will be huge. In Brazil, the cultivation of sugarcane besides of being a potential generator of renewable energy contributing to the replacement of fossil fuels and developing a promising scenario of Agro-Energy, is also known as a major transforming agent of the regions where it operates. An expansion of ethanol production on the required scale might cause various types of regional impacts, whether direct or indirect (Sparovek et al. 2009). The cumulative effects over the years, including increased population, introduction of services in infrastructure, trade and industrial activities are also effects that should be considered in an assessment of sustainability, as they are arising from the main activity that are outlined for the regions where the production should occur (Sparovek et al. 2007).

Understanding The Problem

The concern with the growth of the importance of biofuels in general and ethanol in particular has encouraged the interest in ways to ensure that best practices and technologies are being employed to maintain the quality of fuel and reduced environmental impact. Environmental certification processes have been discussed recently by several authors. In addition to the technical parameters of quality it is increasing the incorporation of socioeconomic and environmental aspects of production.

Recently several efforts are being deployed to establish criteria and indicators for certification with concerns about the sustainability of biofuel production (Smeets et al.

2006; Delzeit, Bohle, and Holm-Müller 2007; Delzeit and Holm-Müller 2009, Lewandowski and Faaij 2006). Some of these studies seek to develop or propose a variety of criteria and indicators from existing certification systems, or are incorporating some special features according to different interests. The emergence of commercial trades of ethanol also led to new formulations of indicators of biofuels sustainability. International trade has somewhat tried to do efforts to harmonize procedures for environmental certification (Dehue, Meyer, and Hettinger 2007) and even the harmonization of technical standards (Anon. 2007).

This paper examines the current state of technologies and practices in use in Brazil related to the ethanol production chain and its environmental impacts. The objective is also to point out opportunities for improvements to ensure greater sustainability for the production expansion of such fuel, taking also into account the cumulative effects over time.

The approach of a SWOT analysis is adopted, as it will be detailed below to summarize the state of the existing knowledge. Initially the concept of sustainability and the limits assumed for this analysis will be better discussed.

The Concept of Sustainability

An analysis presented by various technicians shows several solutions that can contribute to the achievement of the proposed production targets. Many of these solutions are technically and / or economically viable within the envisaged timescale. The environmental impacts can be assessed from the perspective of the technician. However, an initiative such as the large-scale production of a biofuel such as ethanol, with profound implications for regional development, should also recognize the necessary coverage for the concept of sustainability.

In a way the responsibility of the technician is limited in the sense that he is responsible for the scientific legitimacy of the solutions suggested, but not for the implementation of strategies and their impacts on socio-environmental context. But the decision-maker or the formulator of public policy has this function and responsibility. The decision process at this level requires qualified and timely information to examine the implications and acceptability of decisions. The concept of sustainability must incorporate all these dimensions.

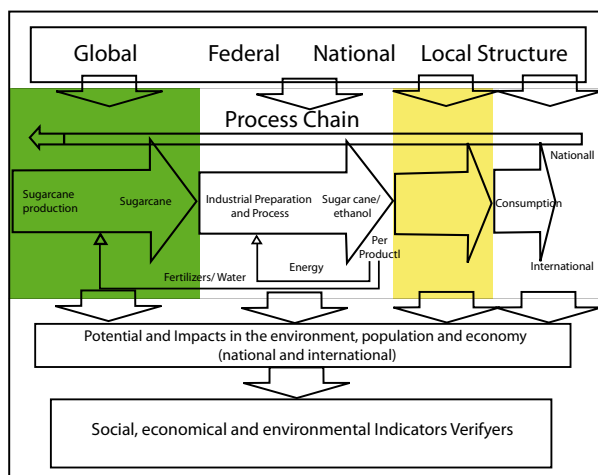
Sustainability is a normative concept, including values, perceptions and preferences prior to a technical or scientific analysis (Omann 2000). There are several ways to define concepts and consequently indicators to assess sustainable development (Meadows 1998, Bell and Morse 2003; Bossel 1999).

The analysis developed here is restricted only to

2 *Figures for the production of the central-south of Brazil and for anhydrous and hydrated ethanol respectively.*

the scope of technical solutions and processes and their environmental impacts for ethanol production. Graph 1 shows the outline of the production and use of ethanol. The different stages of the process have potential social impacts, as well as economic and environmental. Several indicators and criteria may be chosen to monitor and evaluate the potential effects of the activities involved. Applies to the SWOT analysis only to the portion called “chain of process” of Chart 1.

Chart 1: Sustainability Analysis of the Production, Distribution and Use of Ethanol



Source: R. Delzeit e K. Holm-Müller 2009

Within these limitations, this effort is to evaluate and organize information and analysis prepared according to the perceptions of environmental impacts that are potentially presented for Brazil. This type of analysis may be useful to distinguish the solutions shown in the different degrees of impacts perceived by technicians and contribute to the decision-making process and possible strategies for implementing the expansion of ethanol production.

SWOT Analysis of Sustainability of the Production Expansion

SWOT analysis is often used to inform decision makers of the critical determinants of a particular situation under study. It aims to reduce uncertainty and assist in formulating strategies explaining the factors that may influence the success of a project.

It is a fairly simple type of analysis, developed originally within the corporate environment and currently being used in the formulation of public policies and studies of Strategic Environmental Analysis (see, for example, Domingos (2006)).

SWOT is an acronym for four groups of characterizations that seeks to analyze a problem or situation. It means: Strength, Weakness, Opportunities and Threats. SWOT analysis applied to this case for expansion of the ethanol production in Brazil includes the features that add “strength” or benefits observed with respect to lower environmental impacts (S), points of weakness and that can harm the environment

in relation to the current situation, (W) opportunities that are offered by the expansion of production according to the alternatives offered (O); finally the possible threats (T) that can compromise the environment if these actions are implemented.

It is important to emphasize that the environmental and social issues, including food security should not be treated separately but simultaneously. The problems which ecology deals with, not only affect the environment but also human beings and vice versa (Gadotti, 2000). Ferraz (2007) conceptualized that a environmental commodity pled by ethanol, “is one that works closely with social and environmental issues.” This SWOT analysis examines only the environmental impacts, recognizing its restriction by being necessary to override the analysis of social issues involved.

The “Environmental Factors”

All SWOT analysis presented here is performed in accordance with 7 environmental factors, considered the most critical for the expansion of cultivation of sugarcane in the country, such as:

AIR QUALITY

Air quality is the term that is usually used to translate the degree of air pollution of local and global impact and weather features such as air humidity. The sources of air pollutants are numerous and variable and may be anthropogenic or natural.

In the case of producing sugar and ethanol, air quality concerns, for example, the practice of burning the sugarcane and the emissions resulting from the use of fossil fuels in the preparation of land, harvest, transport to the mill and disposal of ethanol and sugar production, for example.

WATER RESOURCES

All the water that can be used for consumption and production in a place and in a period of time is called water resources. It can be found on the surface, such as rivers, lakes and springs or under it, in underground water.

BIODIVERSITY

Biodiversity is the term used to define the variability of living organisms, flora, fauna, macroscopic fungi and microorganisms, encompassing the diversity of genes and populations of a species, species diversity, the diversity of inter-relationships, or ecosystems, in which the existence of a species directly affects many others.

LAND USE

The process of land use and occupation is the spatial representation of the production system for goods and cultural development of men. This system aims to meet the basic needs of human beings.

The environmental impacts relate primarily to the adulteration of the natural environment from the total and indiscriminate removal of native vegetation and even staple crops, to apply the new technology of land preparation and harvesting through mechanization, for example.

SOIL CONSERVATION

It is understood as the maintenance and improvement of its productive capacity.

The non-compliance with correct practice of land use and soil preservation, puts at risk the agricultural land that is the basis for agriculture, causing loss of land far beyond the tolerable levels. Loss of nutrients and organic matter, changes in texture, structure and falls in the infiltration rates and water retention are some of the effects of erosion on soil characteristics. Soil compaction due to mechanization of agriculture reduces and even disables the soil for retaining nutrients, water and prevents growth vegetation.

USE OF AGRICULTURAL PESTICIDES

The agricultural pesticides are insecticides, herbicides, fungicides and other for pests control that attack crops. However, these substances can reach the ground water which makes it toxic for most of the human beings.

USE OF FERTILIZERS

Compensation for the loss of nutrients, is usually made by replacing industrial fertilizers in the soil. The leaching of fertilizers pollutes the soil and water bodies or areas of water recharge.

The nitrate, a fertilizer component, is found in groundwater due to high rates of leaching occurred mainly in soils under continuous cultivation, supported by application of large quantities of inorganic fertilizers, and more recently, organic.

RESULTS

IMPACTS ON AIR QUALITY

Impacts on air quality of areas of sugarcane planting are more closely related to the burning of sugarcane and the use of fossil fuels (mainly diesel) in agricultural practice (tillage of the land, planting, harvesting and transport) and in the transport of ethanol.

STRENGTH

Legislation

There is legislation to control and ban the practice of burning sugarcane.

At national level, the Decree no. 2661, of July 8, 1998, provides among other measures, the gradual elimination of the employment of burning the sugarcane fields where the industrial harvesting is technologically possible. It mandates a reduction of at least 25% of the area (slope less than 12%) for each period of five years starting since 1998. Additionally, it states that a controlled burning should be previously authorized by the

body of the National System of Environment (SISNAMA) with activities in the area where the operation will take place. Therefore, the decree states that in 2018 there will be the end of burning at 100% of harvesting areas in the country.

In the state of Sao Paulo³ there is a legislation to control fire and a deadline to end that practice by replacing it with the mechanized harvest (unburned cane). The suspension is mandated by state law 11,241 of 2002, which determines the gradual elimination of burning cane fields in mechanizable areas (with slope of up to 12%) by 2021 and in the non-mechanizable areas (slope above 12%) by 2031. For the schedule in 2006, the burning of 30% of mechanizable areas was vetoed.

Recently, the government of the State of Sao Paulo signed the Agro-environmental Protocol with UNICA⁴ to reduce the timeframe from 2021 to 2014 in mechanizable areas and from 2031 to 2017 in non-mechanizable areas. Currently 80% of the mills from Sao Paulo joined the Protocol, since the adherence to protocol is voluntary. In harvest season 2008/2009, 49% of the harvest occurred without burning (SMA, 2009).

WEAKNESS

Burning Of Sugarcane

The burning of sugarcane is an environmental and public health problem. The practice is ancient and widespread in the producer states, being used to increase the productivity of labor in harvesting and reduce transportation costs. About 51% of the harvest is manual in the State of São Paulo, that is responsible for 60% of national production, which requires the burning of the cane.

As environmental problems, the air pollution by gases and soot, destruction and degradation of ecosystems (see section on occupation of the soil biodiversity) and soil (see section soil conservation) are highlighted.

The burning of sugarcane results in emissions potentially harmful to human health: CO₂, CH₄, organic compounds and particulate materials. It is also related to increased concentrations of ozone in cities around the sugarcane plantations. The caused urban pollution is further aggravated during winter, when thermal inversions frequently occur. There are studies that say that there is direct relationship, and others that state that there is no relationship between the burning of sugarcane and acute respiratory diseases and chronic infections (Smeets et al., 2006). Studies of the Department of Pathology of the Faculty of Medicine at the University of São Paulo (Saldivia & Miraglia, 2004) argue that this relationship exists, affecting more to children and elders. It is unknown yet the magnitude of acute chronic infections in the country caused by particles from burning of fuels or biomass.

³ São Paulo is the main sugarcane producer State in Brazil, concentrating close to 60% of the overall production.

⁴ The Brazilian Sugarcane Industry Association (UNICA) is the largest organization in Brazil representing sugar, ethanol and bioelectricity producers.

Moreover, the practice of sugarcane burning damages the infrastructure (power grid transmission and distribution, highways, railroads) and forest reserves. The burning of forest reserves or adjacent plantations increases the emission of pollutant and greenhouse gases.

The Audit

Failures in supervision and enforcement of existing legislation.

Soil Compaction, Use of Energy and Emissions

The agriculture mechanization brought positive contributions to agriculture, such as increased productivity, but also brought negative contributions to the environment, such as soil compaction (see item of the soil) and increased emissions of pollutants by using fossil fuels. (Table 1: Consumption of diesel as current and future introduction of new technologies and practices).

For emissions, the fuel expense by conventional machining equipment and vehicles to move on loose soil for the most part has been used to deform the ground, i.e to generate compaction. This in turn demand, again, investment, machinery and fuel for decompaction operations subsequent cultivation of stumps (also referred to as rootstocks) or preparation for planting. Periods of rain make it more difficult the movement of traffic more difficult and, consequently, require more fuel.

OPPORTUNITY

There are opportunities to reduce and / or completely eliminate the practice of burning and reduce emissions of greenhouse gases from the burning and the transportation of ethanol.

Exemplary Audit

One alternative is to improve and enforce effective monitoring by the existing legislation which envisages for the end of burning. Shortening the time for complete ban of burning at national level is an alternative to be considered. An example is the Agro-environmental Protocol of the State of São Paulo. However, it is not a simple alternative due to the social aspects involved, which is outside the scope of this article.

Technology for traffic control

Another opportunity is the use of structures for traffic control (ETC's), that enable the harvesting of green cane on land with slope of up to 40% and consume less diesel per hectare, resulting in lower greenhouse gas pollutants and particulates emissions. The Table1 shows the consumption of diesel for different harvest systems. The ETC's make the practice of no-tillage system an alternative that will promote the conservation of soil, water resources and the reduction of the use of agrochemicals.

Table 1: Consumption of Diesel as Current and Future Introduction of New Technologies and Practices

| Index | current | 2015 | 2025 |
|---|---------|------|------|
| 1- ETC's use (%) | 0 | 0 | 100 |
| 2- Use of no-tillage system (%) | <5 | 10 | 100 |
| 3- Use of GIS maps of productivity (%) | 0 | 10 | 100 |
| 4- Use of precision agriculture (%) | 0 | 10 | 100 |
| 5- Consumption of diesel in the soil preparation and planting(l/tc) | 0,35 | 0,32 | 0,04 |
| 6- Consumption of diesel in the harvest of sugarcane (l/tc) | 0,9 | 0,8 | 0,38 |
| 7- Consumption of diesel in the transport of 25 km(l/tc) | 0,98 | 0,95 | 0,88 |
| 8- Agricultural consumption of diesel (l/tc) | 3,5 | 2,5 | 1,7 |

Source: Report of Phase 2 of the Ethanol Project (NIPE, 2007).

The ETCs units are power units that carry agricultural implements with extra large axles, 20 to 30 m, with topographic restriction (slope inclination) of the order of 40% (12% for conventional harvesters of one line) and that enables the introduction of no-tillage system. The ETC's use permanent traffic lines, well compact with high traction efficiency and without interference with the planted area, located between lines of traffic. In the case of ETC with an axle of 30 m, there is an area of only 4% dedicated to traffic and the rest dedicated to the development of the mill. The current mechanization uses intense traffic in approximately 30% of the area, with low traction efficiency and mills growing in physical damaged.

THREAT

Even with the gradual reduction of the areas where the practice of sugarcane burning is permitted, there is the risk of, until the complete ban on burning, degrading the remaining forest (riparian forest, covering springs, areas of conservation) and impediment of natural regeneration (perennial degradation).

SUPPLY AND WATER QUALITY

There is no detailed information available on the level of water pollution of rivers and basins in various regions and what is the contribution of sugarcane crop and ethanol production. The main impacts of water use are concentrated in the stage of the production of sugar and ethanol. (Smeets et al., 2006).

There is also the pollutants resulting from production of sugarcane and ethanol that can contaminate the aquifers (fresh ground water reserves) and springs. The two major types of pollutants are organic (production of ethanol: vinasse and filter cake) and chemicals (sugarcane: fertilizers and agricultural chemicals).

STRENGTH

Relatively Low Demand Of Water For Cultivation Of Sugarcane

The cultivation of sugarcane in Brazil is mainly irrigated by rain (Smeets et al., 2006; Macedo, 2005). Thus, there is less use of water for irrigation. The little or non practice of irrigation is of great importance in reducing environmental impacts, not only by the lower water use but also to avoid dragging of nutrients, waste pesticides, loss of soil etc. Irrigation in sugarcane is more widespread in the Brazilian Northeast Region.

However, the use of irrigation is increasing. The increasing demand for incorporation of new areas for sugarcane in the Center-South of Brazil has led to the exploration of areas with more pronounced water deficits.

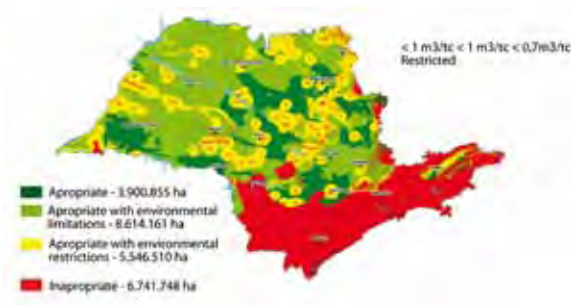
The application of vinasse in farming reduces the need for water collection for irrigation. Additionally, it allows the lower use of mineral fertilizers, reducing the chances of contamination of aquifers and springs.

Much of the water used is recycled and reused (fertirrigation). Consequently, the water collection, consumption and release are lower.

Another important advantage is the newly established Agro-Environmental zoning for the Sugarcane Sector of the State of São Paulo. As the main producing region of the country, it has an important impact on the environmental planning of the state to discipline the expansion and land use and water quality, air quality and biodiversity, for example.

Based on Agro-Environmental zoning, the Agro-Environmental zoning Secretariat of Environment of the State of São Paulo adopted the Resolution SMA 88, March 19, 2009, which defines the technical guidelines for the environmental licensing of sugar-ethanol sector's enterprises within the state. In areas considered adequate, there is an upper collection limit of 1 m^3 / tonne of cane, with restriction of 0.7 m^3 / tonne of cane to the adequate areas with environmental restrictions (Map 1).

Map 1: Agro-Environmental Zoning for Sugar-Ethanol Sector of the State of São Paulo



Source: from CIIAGRO (2009).

Low impact on water quality

An evaluation of EMBRAPA classifies the impacts of today's crop of sugarcane in water quality at 1 (no impact) (Embrapa, 2003).

WEAKNESS

Burning Of Cane

The practice of burning the sugarcane reduces the amount of soil water due to intense heat, it changes the structural characteristics of the soil, which, consequently, have erosive effects, and causes the occurrence of floods (loss of soil, nutrients and water) due to reduced vegetation cover. Also, it can compromise or eliminate watershed by erosion and silt by destroying the riparian areas.

Great demand in the industrial phase

Industrial production is an important importer of water in the environment. Despite the need for more studies, some references indicate mean values of uptake of water ranging from 3000 to 5000 liters of water per tonne of cane (Ferraz, 2007; Neto, 2005). Surveys conducted by UNICA, although published as internal report ("reserved"), point out average collection of 1,830 liters of water per tonne of cane (Neto, 2005). There is an outlook of the sector to reduce the uptake to 1,000 liters / tonne of cane.

Contamination of aquifers and groundwater

According to Ferraz (2007), the Guarani Aquifer⁵ is covered by sugarcane with several studies pointing to its contamination with herbicides.

The application of vinasse as a fertilizer can lead to the salinization of groundwater by leaching of these elements, but it can also cause nitrification of soil and water contamination of groundwater, and cause of serious diseases in humans (Veiga Filho, 2007). The regulation of its use (the Standard Cetesb of 2005) for the use in areas close to mills and already saturated shows that even though the vinasse is an organic subproduct and contains water and nutrients, its use must be controlled.

Contamination of surface water

The floods can carry soil, pesticides and organic and inorganic fertilizers for next water sheds, which can compromise the quality of water for contamination and cause siltation and burial to these watersheds.

In some regions, according to Ferraz (2007), all watersheds surrounded by sugarcane are contaminated by chemicals.

With the employment of the new second generation technologies (enzymatic and acid hydrolysis), there will be a high need for water consumption.

⁵ The Guarani Aquifer, located beneath the surface of Argentina, Brazil, Paraguay and Uruguay, is one of the world's largest aquifer systems and is an important source of fresh water.

OPPORTUNITY

There are several alternatives to reduce impacts on the quality and supply of water ranging from agricultural to industrial phase.

The future should consider the conversion of surface irrigation systems, the main method of irrigation in the country, whose efficiency is very low. In the case of regions with water deficits, irrigation can be environmentally and economically viable, especially with the use of more efficient methods: equipment easier to control, proper management of surface irrigation systems, systems for greater uniformity of water application (sprinkling) and drip irrigation (drip and micro). For example, drip irrigation, as experiments conducted by the Sugarcane Technology Center in the sugarcane region of Ribeirão Preto showed its economic viability.

It should also be considered to reduce the collection, use and water release. About 87% of water uses occur in four cases: sugarcane washing (25.4%), condenser / multijets in evaporation and vacuum (28.5%), fermentation cooling and ethanol (33.3%) (Neto, 2005). The use of water in the sugarcane washing (5 m³ / tonne of cane) can be reduced with the dry cleaning of the cane. It seems possible to reach values close to 1 m³ / tonne of cane (collection) and zero release, with optimization of the use and re-use of waste water in fertirrigation.

Moisture and soil compaction are factors strongly linked to the longevity of the sugarcane field. Technologies for control of traffic and no-tillage attack specifically those production parameters, to provide more soil moisture, better use of rain water (water stored and retained in the soil), reduced soil compaction and therefore the occurrence of floods (loss of soil, nutrients and water), lower use of herbicides and fertilizers.

The controlled use of vinasse (fertirrigation) reduces the use of inorganic fertilizers in farming, reducing the risk of contamination of aquifers.

Additionally, the thermal concentration of vinasse may reduce the uptake of water by use of condensate.

There is the development of new sugarcane varieties with increased resistance to water stress, with less need for irrigation in areas with water deficits.

The resumption of the development of anaerobic biodigestion of vinasse is an alternative to reduce the load of organic matter, raising the pH and the removal of sulfate from the vinasse.

The example of São Paulo State, in the establishment of a National Agro-environmental zoning as an important planning tool, is considered a crucial measure to discipline the industry expansion and land use.

THREATS

If alternatives and solutions are not taken, the expansion of ethanol production, can provoke:

- 1- The increase use of herbicides, pesticides and mineral fertilizers, which can cause contamination of aquifers;
- 2- Increase demand for irrigation in areas with water deficit;
- 3- Increase of uncontrolled disposal of vinasse in soil and near water resources.

LAND COVER AND BIODIVERSITY

STRENGTH

There is an availability of land to meet the production of 205 million m³ of ethanol in 2025 according to the Ethanol Project (NIPE, 2007), i.e 10% of the world gasoline. The scenarios of NIPE (2007) considered the establishment of reserves in 20% of the planted area the non-use of areas of forest reserves, indigenous reserves, parks etc.

Both scenarios for ethanol production (104.5 and 205 million m³) for the year 2025, due to increased productivity of sugarcane and ethanol to the situation of “progressive technology”, reduce the needed areas. This will reduce possible displacement of crops and pastures and impacts on biodiversity.

The increased productivity will be due to the higher energy efficiency in the use of bagasse in the industrial process and a greater trash recovery during harvest, which would reach 50%⁶.

These gains in productivity would mean a reduction of 8% and 17% in the sugarcane production in 2015 and 2025, respectively. And a reduction of 17% and 23% in the number of distilleries in 2015 and 2025 compared to the scenario without technology.

One advantage mentioned is that the sugarcane cultivation provides the recovery of the soil with the planting of other crops.

The Agro-Environmental Zoning of the State of São Paulo is an important advantage because it is the main producing region of the country. The zoning disciplines to the sugarcane expansion and land use, among other important environmental issues. Resolution SMA 88, March 19, 2009, based on the Agro-Environmental Zoning, states that in areas deemed adequate, actions related to the land use and preservation and restoration of biodiversity must be taken. In some areas it requires the formation of ecological corridors.

⁶ The scenario of 104.5 million m³ provides an increase in yield of 93.3 l / tonnes of cane and 100.2 l / tonnes of cane in 2015 and 2025 respectively, an increase of 10% and 18% compared to the scenario without technology (85 l / tonnes of cane) and the current situation. The scenario of 205 million m³ provides an increase in income of 92.6 l / tonnes of cane and 102.1 l / tc in 2015 and 2025 respectively, an increase of 9% and 20% compared to the scenario without technology (85 l / tonnes of cane) and the current situation (NIPE, 2007).

WEAKNESS

The practice of sugarcane burning damages the biodiversity and ecosystems, with clear reduction of populations of vertebrates and insects species by the elimination of habitat or death by fire and burning of the plant cover. The environmental reserves, riparian areas and watershed covers are also threatened by the expansion of the culture and / or practice of burning.

Diversification of terrestrial and humid habitats is also frequently associated with a fragmentation⁷ of habitat, leading to profound changes in the balance between countryside and shore species and may cause the genetic isolation of populations, as well as mortality associated with dispersion movements of animals.

The speech of the government and sugar and ethanol producers emphasizes that the expansion of sugarcane is occurring on degraded areas and pastures. On the other hand, according to environmental organizations, indirectly displacement of less profitable livestock and crops may be occurring on native forests and cerrado. Ferraz (2007), of Embrapa Environment, said that “concern about the devastation of forest, and the occupation of food producer areas is the same as in soybean phenomenon”. These indirect impacts should not be despised and should be considered in studies of land use and impacts on biodiversity.

OPPORTUNITY

As the example of São Paulo State, the establishment of a National Agro-environmental Zoning as an important planning tool, is considered a crucial measure to discipline the production expansion of industry land use.

As well as the creation of corridors of biodiversity⁸ in sugarcane plantation.

And, to stimulate the production of ethanol by organic systems⁹ that, among other practices, makes the harvesting without burning and thus, complies with the areas of legal reserve.

There is a discussion on the best alternative to maintain areas of environmental preservation. Whether the current legal practice that ensures at least 20% of the planted area of sugarcane planted area for environmental reserves or the need for each

State to define an environmental reserve area compatible with their needs, for example.

THREAT

If the sugarcane production expansion occurs by the conventional system, it is likely to have a reduction of biodiversity in large areas of planting, as indicated by the survey carried out by Embrapa Satellite Monitoring in properties in the region of Ribeirão Preto at Sao Paulo State. In a conventional cane plantation, there are no more than 30 species, while in properties that use the organic production system, 248 species have been identified (Embrapa, 2005).

There is also the risk of degradation and burning of reserve areas, which are recurring events, but little in the media. As an example, the Ecological Station of Sao Carlos, Conservation Unit at the City of Brotas (Sao Paulo), has a history of direct and indirect damage caused by burning sugarcane which extends out of the boundaries of sugarcane area (Ferreira, 2007).

With the use of “organic production”, there may be a risk of an increase in pests and weeds, with possible impacts on production and on the local ecological balance.

In local terms, there may be pressure on the supply and on the food production costs¹⁰.

PRESERVATION OF AGRICULTURAL LAND

STRENGTH

The soil loss is lower comparing sugarcane with many other crops. Only corn, beans and sweet potatoes have less or the same loss as sugarcane.

The technological evolution of sugarcane production has allowed, in some areas, the management of harvesting without burning. The management of harvesting without burning and the reduced tillage should improve the level of soil conservation. The reduction of losses of soil and water between the burned straw and letting the straw on the land surface is of 68% and 69% respectively (Donzelli, 2005).

⁷ Fragmentation is a whole process of human origin (human) that causes the splitting of natural ecosystems into continued smaller pieces often disconnected from other areas like, which leads to isolation of the species and its consequent extinction.

⁸ The Corridor of Biodiversity is a strategic area for the environmental conservation on a regional scale. It comprises a network of protected areas, interspersed with areas with varying degrees of human occupation. The management is integrated to enlarge the possibility of survival of all species, the maintenance of ecological and evolutionary processes and the development of a regional economy based on sustainable use of natural resources. In areas of high forest fragmentation, as the Atlantic, the corridors of biodiversity also have the goal of rehabilitation and connection of fragments of forests. Thus, it is expected to overcome the isolation of protected areas and increase the connectivity of native environments, allowing the transit of species of flora and fauna among the remnants.

⁹ Embrapa Satellite Monitoring did work on the faunal biodiversity in farms of sugarcane in Ribeirão Preto (SP) which changed the conventional system of production for the organic system. Through surveys, conducted between 2002 and 2003, 248 species, were identified showing an increase of biodiversity - in the plantation of conventional cane there were found no more than 30 species.

¹⁰ It is recognized that the growing land concentration of land in new sugarcane expansion areas, as the west region of the State of São Paulo, in the form of lease and purchase of land (Veiga Filho, 2007). One consequence is the disruption of social and productive tissue, with the activities of less expression in macro-region level, but important at the local level, but disarticulated. Small productive associations, built during a long time, and that solidified relations with local socio-economic characteristics of sustainability, can be broken by the impact of the cane.

The controlled use of vinasse (fertirrigation) as an organic fertilizer reduces the need for application of chemical fertilizer, then recycling nutrients and waste from the production of ethanol.

Analysis on the effects of vinasse on soil properties indicate that its addition in natura on the soil is a good option for the use of this product, being an excellent fertilizer and bringing more benefits to the physical, chemical and biological soil.

Advantages of using vinasse are the raise of the pH, increase of the cation exchange capacity, the availability of certain nutrients, the improvement of soil structure, increase of the water retention and development of the soil's microflora and microfauna.

The cultivation of sugarcane can regenerate degraded areas, since the best production practice of production from an environmental standpoint is met.

WEAKNESS

The practice of burning the sugarcane has harmful consequences for the physical characteristics and structure of the soil such as:

- The change of gas concentration;
- Decreased soil fertility and moisture;
- The loss of volatile nutrients and
- The exposure to the effects of land erosion.

As mentioned earlier, the mechanization of agriculture has brought some positive and negative contributions, such as compaction of soil resulting from the traffic, that affects the sustainability of farming sugarcane in terms of cost of production and soil conservation. With the modernization of agriculture, the weight of equipment and intensity of land use increased drastically, with changes of soil physical properties, such as increased density and penetration resistance.

The conventional mechanization causes:

- Modification of soil physical properties (increased density and penetration resistance);
- Intense traffic in ~ 30% of the planted area.

The application of vinasse as a fertilizer is very common and almost all vinasse is recycled. In general, 10 to 15 liters of vinasse per liter of ethanol is produced, depending on the sugarcane characteristics and its processing (Macedo, 2005). One of the most significant impacts is the effect of sulfate anion (SO_4^{2-}) in the soil. The presence of sulfate in ethanol distilleries of sugarcane is a result of the use of sulfuric acid in the fermentation. In the case of an autonomous

distillery, it is used about 5 kilograms of sulfuric acid (98% concentration) per m^3 of ethanol, a value that indicates that comparatively high doses of sulfate are being applied in the soil.

A large number of studies related to leaching and potential contamination of groundwater by the recycling of vinasse indicate that in general there is no harmful impact to applications below $300 \text{ m}^3/\text{ha}$. The Technical Standard P4.231/2005 of CETESB¹¹, part of the Secretariat Secretariat of Environment (São Paulo), regulates all aspects: risk areas (prohibition); dosages permitted; technologies.

OPPORTUNITY

The concept of traffic control, among other functions that it performs, aims to solve the problem of soil compaction. A simple analysis of this vicious cycle of energy spent in successive compression and decompression operations, takes to the concept of controlled traffic, it consists in the separation of areas used for the plant growing from those used for the traffic of equipment.

Biological Removal of sulfate by anaerobic digestion: technology development. The sulfate removed can be recycled and used in the production of sulfuric acid.

USE OF AGRICULTURAL PESTICIDES AND FERTILIZERS

STRENGTH

The use of insecticides, fungicides, acaricides and other chemicals in the cultivation of sugarcane in Brazil is lower than in the cultivation of citrus, corn, coffee and soybeans.

Controlled use of vinasse (fertirrigation) reduces the use of inorganic fertilizers in farming and allows the recycling of waste from sugar and ethanol production.

WEAKNESS

The use of herbicides, pesticides and mineral fertilizers can result in contamination of aquifers, which are underground reserves of fresh water.

The pollutant power of vinasse, about one hundred times higher than that of domestic sewage, arises from its richness in organic matter, low pH, high corrosion and high levels of biochemical oxygen demand -BOD ($20,000$ to $35,000 \text{ mg / l}$) as well high temperature at the exit of distillers (85 to 90°C); vinasse is considered highly harmful to fauna, flora,

¹¹ The Environmental Agency for the State of São Paulo (www.cetesb.sp.gov.br/).

microfauna and microflora of freshwater, and marine wildlife coming back to Brazil shores for procreation (Da Silva et al., 2007 apud Freire & Cortez, 2000).

Weeds lead to large losses in the cultivation of sugarcane, with losses in productivity ranging from 10% to over 80% (Junior, 2005). Compared with other crops, in Brazil, sugarcane uses more herbicides than coffee and corn and a little less than citrus, equaling the soybean. The values are close.

OPPORTUNITY

The practice of no-tillage and the use of ETC's would reduce the use of agricultural chemicals and inorganic fertilizers.

The increased use and study of biological control of pests and weeds, as well as new varieties resistant to them also reduce the need for agricultural chemicals.

The precision agriculture is another practice that facilitates the process of environmental management.

THREAT

The expansion of the ethanol production can, if alternatives and solutions are not taken, lead to the increased use of herbicides, pesticides and mineral fertilizers.

In many situations today, the interest in new technologies based on the use of genetic modification in mills to add resistance to pests and characteristics of pesticides starts to grow. However, there is the potential for problems like the spread of genes, adverse impacts on non-target organisms, potential contamination of food etc.

CONCLUSIONS

The Chart below presents a summary of the SWOT analysis performed in this work. It can be seen through the analysis that important aspects of environmental sustainability of production of ethanol production in Brazil have evolved positively. There are, however, other aspects that need more attention and supervision. Greater knowledge of the cumulative effects of land use and waste disposal also need to advance to better assess their impacts and mitigating measures.

Chart 2: Summary of SWOT analysis

| | |
|--|---|
| <p>S</p> <ul style="list-style-type: none"> - None or small need of irrigation - Reuse/recycle of large part of the water used - Integral recycling of the industrial effluents (vinasse, filter cake and residual water) - Legislation of control and sugarcane burning ban - Higher soil conservation compared to other crops (fertilizing and optimization) - Agro-environmental Zoning of the State of Sao Paulo | <p>W</p> <ul style="list-style-type: none"> - Soil structural changes (loss of water, nutrients, soil, salinization, acidity) - High water collection - Air pollution (pollutants and soot): sugarcane burning and agricultural mechanization - Flawed inspection (sugarcane burning and vinasse) - Soil compaction - Salinization and contamination of groundwater and watersheds (vinasse, fertilizers and agrochemicals) - Leaching and silt - Habitats fragmentation and reduction of biodiversity |
| <p>O</p> <ul style="list-style-type: none"> - Practice of no-tillage - Use of ETC's (presupposes no sugarcane burning) - Precision agriculture - Information technology - Controlled use of vinasse - Corridors of biodiversity - Reduction of water collection, use and release - Sugarcane breeding - Enzymatic and acid hydrolysis - Thermal concentration and biogestion of vinasse - National Agro-environmental Zoning | <p>T</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cumulative effects of the use of soil and agrochemicals - Water resources depletion: increase irrigation demand in areas with water deficits and increase industrial water use - Increase in the use of agrochemicals and inorganic fertilizers - Displacement of agricultural cultures and pasture lands - Risk of degradation and burning of reserve areas |

Bibliography

Anon. 2007. White Paper on Internationally Compatible Biofuels Standards. TRIPARTITE TASK FORCE BRAZIL, EUROPEAN UNION & UNITED STATES OF AMERICA. <http://www.anp.gov.br/doc/>

biodiesel/White_Paper_on_Internationally-Compatible_Biofuels_Standards_Final.pdf.
 Bell, Simon, e Stephen Morse. 2003. Measuring sustainability. Earthscan.
 CIIAGRO - Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas. Zoneamento Agroambiental para o Setor Sucroalcooleiro do Estado de

- São Paulo: síntese do zoneamento. São Paulo: SMA, 2008. http://www.ciagro.sp.gov.br/Zoneamento_Agroambiental/index.htm
- Da Silva, Melissa A. S.; Griebeler, Nori P.; Borges, Lino C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, n.1, p.108-114, 2007.
- Dehne, B., S. Meyer, e W. Hettlinga. 2007. Towards a harmonised sustainable biomass certification scheme. Google Scholar.
- Delzeit, R., e K. Holm-Müller. 2009. Steps to discern sustainability criteria for a certification scheme of bioethanol in Brazil: Approach and difficulties. *Energy* 34, no. 5 (Maio): 662-668. doi:10.1016/j.energy.2008.09.007.
- Delzeit, Ruth, Hans-Georg Bohle, e Karin Holm-Müller. 2007. Towards a certification of biomass: Feasibility of a certifications scheme of sustainability standards for trade and production of bioethanol in Brazil. Institute for Food and Resource Economics; University of Bonn. http://www.ilr1.uni-bonn.de/agpo/publ/disap/download/disap07_01.pdf.
- Domingos, T (coord.). Avaliação Ambiental Estratégica do Programa de Desenvolvimento Rural 2007-2013 de Portugal - Continente. Lisboa: Instituto Técnico Superior, 2006.
- Donzelli, Jorge Luis. Preservação dos solos agrícolas. Capítulo 7. In Macedo (2005), A Energia da cana-de-açúcar: doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade. São Paulo: Berleandis & Vertecchia, UNICA, 2005a.
- Doornbosch, R., e R. Steenblik. 2007. BIOFUELS: IS THE CURE WORSE THAN THE DISEASE? Round Table on Sustainable Development. Paris: OECD. Google Scholar.
- Embrapa. Agroecologia da cana de açúcar. Impacto Ambiental da Cana-de-Açúcar. Novembro de 2003. Disponível em: www.cana.cnpem.br. Acessado em 14/06/2007.
- Embrapa. Monitoramento registra aumento da biodiversidade em sistemas de produção orgânicos. Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: http://www.embrapa.gov.br/noticias/banco_de_noticias/2005/folder.2005-08-15.5931044316/foldernoticia.2005-08-15.6761991895/noticia.2005-09-09.9717211999/mostra_noticia. Acessado em 15/05/2007.
- Ferraz, José Maria Gusman. Workshop de Pesquisa sobre Sustentabilidade do Etanol: diretrizes de políticas públicas para a agroindústria do Estado de São Paulo. Painel 4: Gestão Ambiental (palestrante). FAPESP: Instituto de Economia Agrícola, 14 de junho de 2007.
- Ferreira, Manoel Eduardo Tavares. A queimada de cana e seu impacto sócioambiental. Adital: Notícias da América Latina e Caribe. Artigo publicado em 07/03/2007. Acessado em 25/06/2007. <http://www.adital.com.br/site/noticia.asp?lang=PT&cod=26600>
- Gadotti, Moacir. Pedagogia da Terra. São Paulo: Peirópolis, 2000. Série Brasil Cidadão, 224p. 2ª Edição.
- Goldemberg, J., S. T Coelho, e O. Lucon. 2004. How adequate policies can push renewables. *Energy Policy* 32, no. 9: 1141-1146.
- Goldemberg, J., S. T Coelho, P. M Nastari, e O. Lucon. 2004. Ethanol learning curve-the Brazilian experience. *Biomass and Bioenergy* 26, no. 3: 301-304.
- Hartmut Bossel. 1999. Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications. International Institute for Sustainable Development.
- Junior, Adhair Ricci. Defensivos: herbicidas. Capítulo 8: Uso de defensivos agrícolas. In Macedo (2005), A Energia da cana-de-açúcar: doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade. São Paulo: Berleandis & Vertecchia, UNICA, 2005.
- Lewandowski, L., e A. P. C. Faaij. 2006. Steps towards the development of a certification system for sustainable bio-energy trade. *Biomass and Bioenergy* 30, no. 2: 83-104.
- Macedo, Isaias. 2005. Uso de defensivos agrícolas. In A Energia da cana-de-açúcar: doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade. I. Macedo.
- Macedo, Isaias, org. 2007. A Energia da cana-de-açúcar: doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade. Berleandis & Vertecchia. São Paulo: UNICA.
- Macedo, Isaias C., Joaquim E.A. Seabra, e João E.A.R. Silva. 2008. Green house gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: The 2005/2006 averages and a prediction for 2020. *Biomass and Bioenergy* 32, no. 7 (Julho): 582-595. doi:10.1016/j.biombioe.2007.12.006.
- Meadows, Donella. 1998. Indicators and Information Systems for Sustainable Development. The Sustainability Institute.
- Neto, André Elia. Captação e uso de água no processamento da cana-de-açúcar. Capítulo 5: Impactos no suprimento de água. In Macedo, I.C.; A Energia da cana-de-açúcar: doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade. São Paulo: Berleandis & Vertecchia, UNICA, 2005.
- NIPE - Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético da UNICAMP. Estudo sobre as possibilidades e impactos da produção de grandes quantidades de etanol visando à substituição parcial de gasolina no mundo - Fase 2. Campinas: NIPE/UNICAMP, 2007. Reservado.
- Omam, I. 2000. How can Multi-criteria Decision Analysis contribute to environmental policy making? A case study on macro-sustainability in Germany. In Third International Conference of the European Society for Ecological Economics.
- SMA - Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Resultado Safra 08/09. São Paulo: SMA, 2009. Disponível em: http://homologa.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/relatorio_etanol_verde_2009A.pdf.
- Smeets, E., M. Junginger, A. Faaij, A. Walter, e P. Dolzan. 2006. Sustainability of Brazilian bio-ethanol. Utrecht: Universiteit Utrecht, Copernicus Institute. Google Scholar. http://www.chem.uu.nl/nws/www/general/personal/smeets_a_files/nieuw/E2006-110.pdf.
- Sparovek, Gerd, Alberto Barretto, Goran Berndes, Sergio Martins, e Rodrigo Maule. 2009. Environmental, land-use and economic implications of Brazilian sugarcane expansion 1996-2006. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 14, no. 3 (Março 1): 285-298. doi:10.1007/s11027-008-9164-3.
- Sparovek, Gerd, Gran Berndes, Andrea Egeskog, Flavio Luiz Mazzaro de Freitas, Stina Gustafsson, e Julia Hansson. 2007. Sugarcane ethanol production in Brazil: an expansion model sensitive to socioeconomic and environmental concerns. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining* 1, no. 4: 270-282. doi:10.1002/bbb.31.
- Veiga Filho, Alceu de Arruda. Novo ciclo do Proálcool: problemas derivados do aumento da produção do etanol. Dossiê Etanol, n. 86. ComCiência: Revista Eletrônica de Jornalismo Científico, 2007. Disponível: <http://www.comciencia.br/comciencia/?section=8&tipo=dossie&edicao=23>