



**APORTES PARA UNA  
ESTRATEGIA AMBIENTAL  
ALTERNATIVA:  
INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD  
Y POLÍTICAS AMBIENTALES**

Compilado por:  
Montserrat Albán, Joan Martínez-Alier,  
Cristina Vallejo



**NOTAS PARA LA DISCUSIÓN  
ESTRATEGIA NACIONAL  
DE DESARROLLO HUMANO  
APORTES PARA UNA  
ESTRATEGIA AMBIENTAL  
ALTERNATIVA:  
Indicadores de sustentabilidad y  
políticas ambientales**

La presente publicación ha sido auspiciada por el Gobierno Nacional, a través de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES), con el apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Centro de Investigaciones Sociales del Milenio (CISMIL).

El Centro de Investigaciones Sociales del Milenio –CISMIL, está integrado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, FLACSO Sede Ecuador; y la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES).

**Fander Falconí,**  
Secretario Nacional de Planificación y  
Desarrollo

**José Manuel Hermida,**  
Representante Residente del PNUD, y  
Coordinador Residente del Sistema de  
Naciones Unidas en el Ecuador

**Adrián Bonilla,**  
Director Facultad Latinoamericana de Ciencias  
Sociales – Sede Ecuador

**Compiladores de este número:**

Montserrat Albán, Joan Martínez-Alier,  
Cristina Vallejo

**Asesor principal:**

Juan Ponce

**Equipo del CISMIL**

**Especialistas:**

Montserrat Albán, Jorge Granda,  
María del Pilar Troya.

**Asistentes de Investigación**

Luis Chuquirmarca, Diana Hidalgo,  
Mercedes Onofá, José Antonio Sánchez

**Equipo ODM – Proyecto PNUD:**

**Natalia García** – Oficial de Programa

**Irina Moreno** – Comunicación

**Carolina Bastidas** – Asistente Administrativa

**Corrección de estilo:**

Grace Sigüenza

**Concepto editorial:** graphus

**Diseño:** graphus® 290 2760

**Ilustración:** María Belén Guerrero

**Impresión:** Editorial Delta



# contenido

Presentación 5  
Fander Falconí B.

Introducción 10  
Montserrat Albán



**Artículo 1**  
Una lectura desde la economía ecológica  
a los problemas ambientales del Ecuador:  
propuesta para la agenda ambiental 2022  
Montserrat Albán - Joan Martínez-Alier 13



**Artículo 2**  
Estructura biofísica de la economía  
ecuatoriana: un estudio de los flujos  
directos de materiales 69  
María Cristina Vallejo G.



**Artículo 3**  
Comercio internacional y medio  
ambiente en Colombia 103  
Mario Alejandro Pérez Rincón



#### **Artículo 4**

El agua virtual y el metabolismo hídrico: un instrumento para gestionar los recursos hídricos

133

Esther Velázquez



#### **Artículo 5**

La Apropiación Humana de la Producción Primaria Neta mundial (AHPPN)

151

Helmut Haberl, Karl-Heinz Erb y Fridolin Krausmann



#### **Artículo 6**

Las posibles consecuencias del aumento de la demanda internacional de agrocarburos: ¿cómo estructurar un análisis para América Latina?

173

Daniela Russi



#### **Artículo 7**

Del metabolismo social a los conflictos ecológicos

193

Joan Martínez-Alier



#### **Artículo 8**

El desarrollo sustentable y OPEP

209

Herman Daly



#### **Artículo 9**

una economía pospetrolera

225

Joan Martínez-Alier



#### **Artículo 10**

La geopiratería como un tema emergente en el marco de los derechos de propiedad intelectual: por qué los estados pequeños deben asumir el liderazgo

231

Joseph Henry Vogel, Janny Robles, Camilo Gomides y Carlos Muñiz



#### **Artículo 11**

El proyecto geopiratería: el caso del Ecuador™

249

Joseph Henry Vogel, Janny Robles, Camilo Gomides y Carlos Muñiz

# Artículo 6

## LAS POSIBLES CONSECUENCIAS DEL AUMENTO DE LA DEMANDA INTERNACIONAL DE AGROCARBURANTES: ¿cómo estructurar un análisis para América Latina?

Daniela Russi\*

### INTRODUCCIÓN

Los agrocarburos son presentados a menudo como una alternativa a la solución de los problemas relacionados con la fuerte dependencia de los países industrializados con respecto a los combustibles fósiles, es decir, los productos que generan el efecto invernadero y la contaminación urbana. Además, se argumenta que un despegue del sector de agrocarburos ayudaría al desarrollo rural. Por esas razones, la Unión Europea está llevando a cabo medidas para fomentar la producción y uso de agrocarburos. La consecuencia es un aumento muy rápido de la demanda europea de cultivos energéticos que, conjuntamente con el incremento de la demanda de agrocarburos en los EE.UU., podría desencadenar –y ya lo está haciendo– impactos ambientales y sociales muy preocupantes en los países de América Latina.

Lamentablemente, políticas con consecuencias potencialmente tan amplias han sido emprendidas sin un análisis serio e integrado de los posibles efectos a escala internacional.

En los últimos años, los políticos se han apresurado a presentar a los agrocarburos como una solución verde y sostenible al problema energético, y solo en meses anteriores han empezado a difundirse posiciones más críticas en Europa. También en el ámbito académico se puede observar que, con la excepción de los trabajos de Pimentel, Ulgiati y Giampietro, los análisis de años recientes

\* Ph.D en Economía Ecológica por la Universidad Autónoma de Barcelona, España.

1 Hay dos tipos de agrocarburos. El primero, el bioetanol, que se obtiene a través de un proceso de fermentación y destilación de plantas ricas en azúcar (caña de azúcar, remolacha), cereales o madera (agrocarburos de segunda generación), y sustituye a la gasolina. El segundo, el biodiésel, que se obtiene con un proceso llamado transesterificación a partir de semillas oleaginosas (colza, girasol, soja, palma aceitera) y sustituye al gasoil. Aquí se sigue la indicación de varias organizaciones ambientalistas de no llamar “biocombustibles” o “biocarburos” a los combustibles derivados de biomasa, porque el prefijo “bio” puede sugerir la imagen de un producto sostenible y limpio, cosa que, como veremos en este artículo, muchas veces no es cierta.



tes dan resultados muy positivos acerca de las potencialidades de los agrocarburos. La razón es que en muchos casos se han llevado a cabo usando un solo punto de vista (la reducción de gases invernadero, la contaminación urbana, etc.), y sin tener en cuenta los efectos de escala.

El presente artículo quiere, al contrario, analizar los elementos que debería considerar un análisis integrado de un posible desarrollo a gran escala de agrocarburos en los países de América Latina. Los objetivos son de contenido y metodológicos. En primer lugar, este trabajo busca visualizar las principales problemáticas relativas a la producción a gran escala de agrocarburos, para proponer una comparación entre beneficios y posibles impactos, y facilitar de esta forma la discusión pública sobre su conveniencia social. En segundo lugar, demostrar la importancia de la evaluación integral a la hora de analizar una política ambiental, además de indicar cómo se debería estructurar y qué indicadores debería incluir. Para este objetivo, a manera de ejemplo, se resumen los resultados de una evaluación integral en el campo de los agrocarburos, llevada a cabo por Italia.

## LAS POLÍTICAS EUROPEAS

Mariann Fischer Boel, la comisaria europea de Agricultura y Desarrollo Rural, comentó así la publicación de la Estrategia Europea sobre los Biocombustibles, en febrero de 2006 (Comisión de las Comunidades Europeas, 2006):

«Nunca ha habido mejor momento para impulsar los biocombustibles. Los precios del crudo siguen altos, el Protocolo de Kioto nos impone objetivos sumamente rigurosos y la reciente polémica sobre las importaciones de gas ruso ha subrayado la importancia de aumentar la autosuficiencia energética de Europa. Las materias primas para la producción de biocombustibles proporcionan una nueva alternativa para los agricultores europeos a los que la reforma de la Política Agraria Común (PAC) permite ahora convertirse en verdaderos empresarios<sup>2</sup>»

Por esa razón, en las políticas energéticas europeas se hace mucho énfasis en el desarrollo del sector de los agrocarburos. En el 2003, la Unión Europea publicó una Directiva<sup>3</sup> que establecía que antes de 2005 y 2010, el 2 y el 5,75%, respectivamente, de toda la energía usada en el sector del transporte debería derivarse de

- 2 Comunicado de prensa: “La Comisión pide acelerar la producción de biocombustibles”, Bruselas, 8 de febrero de 2006, en [http://europa.eu.int/comm/agriculture/agromass/agrofuel/index\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/agriculture/agromass/agrofuel/index_en.htm)
- 3 Council Directive 2003/30/EC of the European Parliament and of the Council of 8 May 2003, The promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport.

agrocarburos. En el 2007 todavía no se ha alcanzado el objetivo establecido para el 2005, pero se están llevando a cabo medidas en toda Europa para incentivar el uso de agrocarburos. La nueva Estrategia Energética Europea, aprobada en marzo de 2007, establece que los agrocarburos deberán representar como mínimo el 10% de la energía usada para el transporte en el 2020 (y hay que observar que solo para los agrocarburos se ha fijado un objetivo cuantitativo). En este momento en Europa se está discutiendo una Directiva sobre Energía Renovable que, entre otras cosas, fija este porcentaje como obligatorio.

La producción de agrocarburos en Europa ha crecido de manera muy rápida en los últimos años. La tierra dedicada a los cultivos energéticos ha pasado de 0,3 millones de hectáreas en el 2004 a 2,8 millones de hectáreas en el 2007. Aun así, Europa está todavía lejos de llegar a los objetivos establecidos del 5,75% en el 2010 y del 10% en el 2020.

## LA ATENCIÓN HACIA LOS PAÍSES TROPICALES

La razón de esta lejanía hacia la consecución de los objetivos planteados por la Unión Europea es el gran requerimiento de tierras que ello demanda. En el anexo II del Plan de Acción para la Biomasa (Comisión de las Comunidades Europeas, 2005) se ha calculado que para alcanzar la cifra del 5,75% (alrededor de 1,7% del uso total de energía, ya que el sector del transporte constituye una tercera parte de la demanda total) se necesitarían en Europa 17 millones de hectáreas dedicadas a los agrocarburos, es decir, una quinta parte del suelo agrícola europeo. La misma Comisión Europea es consciente del hecho de que no es posible cultivar en Europa toda la materia prima necesaria para cubrir el 5,75% del consumo de energía en el sector del transporte, y menos aún el 10%.

Por eso, tanto en el Plan de Acción sobre Biomasa (COM, 2005: 628 final) como en la Estrategia Europea de Biocombustibles (COM, 2006: 34 final) se afirma que las materias primas europeas tendrían que ser complementadas con importaciones de los países tropicales, donde la productividad es mayor y el coste del trabajo menor:



“La productividad de la biomasa es más alta en ambientes tropicales y los costes de producción de los biocombustibles, especialmente etanol, son comparativamente menores en varios países en desarrollo. [...] Los países en desarrollo como Malasia, Indonesia y las Filipinas, que actualmente producen biodiésel para sus mercados domésticos, podrían fácilmente desarrollar potencialidad para la exportación (Comisión de las Comunidades Europeas, 2006: 6)”.

En esos países, la Comisión Europea quiere incentivar la producción de cultivos dedicados a la generación de energía. Eso implica que los impactos negativos de la producción de cultivos energéticos dedicados al consumo europeo se exportarán hacia los países del sur.

## ANÁLISIS MONO- CRITERIALES VERSUS ANÁLISIS INTEGRADOS

Como se ha mostrado en el párrafo anterior, los objetivos europeos son muy ambiciosos y prevén un gran aumento de la contribución de agrocarburos en el mix energético del sector del transporte. Eso puede tener en el futuro, y en parte ya está teniendo, consecuencias preocupantes en países tropicales como Ecuador, que son potenciales exportadores a Europa. Por esa razón, es necesario un análisis integrado para discutir si incentivar una producción a gran escala de agrocarburos dedicados a la exportación es una estrategia aconsejable para un país latinoamericano. El análisis debería tener en cuenta no solamente el rendimiento energético y el coste económico, sino también factores sociales y ambientales.

En los últimos años se han producido centenares de estudios científicos sobre un aspecto u otro de los agrocarburos que avalan la idea de que éstos pueden contribuir a enfrentar la crisis energética. Por ejemplo, existen muchos trabajos que analizan las potencialidades de los agrocarburos en términos de requerimiento de tierra (Berndes *et al.*, 2003; Wolf *et al.*, 2003; Hoogwijk *et al.*, 2003). Otros llevan a cabo un análisis de ciclo de vida, y en particular del rendimiento energético (Bernesson *et al.*, 2004; Janulis, 2004; Kallivroussis *et al.*, 2002; Venturi y Venturi, 2003; Cardone *et al.*, 2003; Gärtner y Reinhard, 2005; CIEMAT, 2005 y 2006). Otros estudios analizan las características técnicas del combustible y de las emisiones (Altin *et al.*, 2001; Graboski y McCormick, 1998; Kalligeros *et al.*, 2003; Labeckas y Slavinskas, 2005; McCormick y Aleman, 2005; Puhans *et al.*, 2005; Turrio-

Baldassarri *et al.*, 2004). Finalmente, un número más reducido de artículos científicos analizan el coste económico (Haas *et al.*, 2006; Dorado *et al.*, 2006; Ahouissoussi y Wetzstein, 1997).

Sin embargo, concentrarse en una sola dimensión a la hora de evaluar ventajas y desventajas de un posible uso a gran escala de agrocarburos puede llevar a conclusiones discutibles (véase Munda, 2004, para una discusión sobre los riesgos de reduccionismo y la necesidad de un análisis integrado a la hora de revisar políticas ambientales). Por ejemplo, después de haber estudiado solo las potencialidades de ahorro en la emisión de dióxido de carbono, muchos autores afirman que los agrocarburos son una contribución a la sostenibilidad ambiental, ya que ayudan a reducir la emisión antropogénica de gases de efecto invernadero (como por ejemplo Peterson y Hustrulid, 1998; Venturi y Venturi, 2003; Bernesson *et al.*, 2004). Sin embargo, estos análisis no comparan el orden de magnitud del ahorro con otros impactos ambientales que una producción a gran escala de agrocarburos implicaría, es decir, los asociados con técnicas de agricultura intensiva (como por ejemplo, el uso de fertilizantes y de agua para irrigación).

En muchos casos, los efectos de escala son ignorados (Giampietro, 2003). Así, varios autores presentan datos sobre rendimientos obtenidos en experimentos pilotos en pequeña escala con las mejores tecnologías, sin tener en cuenta que éstos no son directamente extensibles a los análisis a gran escala (Acaro lu y Aksoy, 2005), ya que si se necesita usar una porción significativa del territorio nacional, se debería tener en cuenta la posibilidad de hacerlo con terrenos menos fértiles, además de considerar los rendimientos decrecientes en el tiempo (Foidtl *et al.*, 1996).

Otro ejemplo es la posible reducción significativa de la contaminación urbana, que es calculada por porcentajes de agrocarburos en los carburantes tradicionales del 20% e incluso del 100%, sin tener en cuenta que esas cantidades requerirían un uso de tierras enorme (como ya se ha mencionado, para llegar al 5,75% del consumo energético europeo se debería cultivar una quinta parte del suelo agrícola europeo).

La novedad en el enfoque que aquí se propone es el intento de ofrecer una visión más amplia sobre las posibles consecuencias de un uso a gran escala de agrocarburos, empleando varios criterios en la dimensión ambiental, social y económica, y teniendo en cuenta los efectos de escala. Para ello, se esbozará una discusión sobre ventajas e impactos de una producción a gran escala de



agrocarburos en América Latina, dejando para otra ocasión un análisis más profundo.

## LA ESTRUCTURA DE UNA EVALUACIÓN INTEGRAL DE LOS AGROCARBURANTES EN AMÉRICA LATINA

En este párrafo se mostrará cómo se debería estructurar un análisis integrado para América Latina. Primero, se analizará la producción actual de agrocarburos en América Latina, construyendo diferentes escenarios de producción con diferentes cantidades producidas y diferentes mix de biodiésel/bioetanol. En segundo lugar, se establecerán los criterios más importantes para evaluar los diferentes escenarios, asignando un valor a cada criterio por cada escenario. En tercer lugar, los criterios se recogerán en una matriz de impactos (véase la figura 1), que resume la información sobre los impactos positivos y negativos. Donde sea posible, los criterios se evaluarán cuantitativamente, y donde calcular los impactos con indicadores cuantitativos implicaría hacer muchas asunciones debido a un alto nivel de incertidumbre, se deberían preferir indicadores cualitativos.

**FIGURA 1. MATRIZ DE IMPACTOS**

Criterio	Unidad de medida	Escenario		
		A1	A2	A3
g1	...	g1(d)	g1(bi)	G1(bd)
g2	...	g2(d)	g2(bi)	G2(bd)
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...
gn	...	gn(d)	gn(bi)	gn(bd)

Finalmente, se debería discutir la información recogida en la matriz de impactos, comparando ventajas y desventajas de un uso a gran escala de agrocarburos en América Latina. Para tener una idea de la magnitud, la variación de cada criterio se debería comparar con un punto de referencia. Para un ejemplo de esa metodología aplicada al caso italiano, véase el apartado “Un ejemplo de evaluación integral de las políticas sobre agrocarburos: el caso italiano”.

En la segunda parte de este documento se presentan brevemente algunos de los criterios que se deberían analizar para llevar a cabo una evaluación integral de los agrocarburos en América Latina.

## • El gran requerimiento de tierra y los posibles impactos

Como ya se mencionó arriba, uno de los aspectos más preocupantes de una producción a gran escala de agrocarburos es el requerimiento de tierra (Berndes *et al.*, 2003). El rápido incremento de la demanda de Europa y de Estados Unidos de agrocarburos, y las consecuentes posibilidades de negocio en los países de América Latina, constituyen un fuerte incentivo a la asignación de extensiones de tierra cada vez mayores a los cultivos energéticos y a la sustitución de cultivos alimentarios.

Otro aspecto preocupante es la presión sobre los bosques tropicales a causa del aumento en la demanda mundial de agrocarburos. Las plantaciones de palma (cuya productividad es mucho más alta que la de girasol, colza y soja) están incentivando la deforestación en el sureste de Asia, provocando además tasas de erosión del suelo muy altas. En Ecuador, la palma aceitera es una de las principales causas para el cambio en el uso del suelo del noroeste (una zona muy rica en biodiversidad y con una de las tasas de deforestación más altas de América Latina). Lo mismo pasa en Brasil con la caña de azúcar y con la soja en Brasil, Argentina y Uruguay. Varios expertos recientemente han expresado su preocupación por un posible aumento en la tasa de deforestación del bosque tropical debido al crecimiento de la demanda internacional de agrocarburos (Malhi *et al.*, 2008). Por ejemplo, Carlos Nobre, un científico del Instituto Nacional de la Investigación Espacial de Brasil, en un seminario reciente ha advertido que la deforestación está aumentando en la selva amazónica, y uno de las explicaciones es el aumento de la demanda de etanol.<sup>4</sup>

Por eso, otro criterio que se debe tener en cuenta es la cantidad de tierra necesaria para llegar a los objetivos de producción de agrocarburos de los diferentes estados de América Latina. Además, se podría calcular la posible deforestación debida a una expansión de los cultivos energéticos, y la extensión de cultivos alimentarios que serían sustituidos.

4 Environmental News Network.  
Amazon deforestation seen surging.  
Publicado el 17 de enero de 2008 en:  
<http://www.enn.com/ecosystems/article/29448>.



- El posible aumento de los precios de productos alimentarios

El alto requerimiento de tierra de los agrocarburos es un motivo de preocupación porque se teme que un aumento en su demanda mundial generaría competencia por la tierra agrícola con la producción de alimentos. La resultante reducción en la disponibilidad mundial de comida podría convertirse en un problema particularmente serio en un contexto donde ambos, la población mundial y la demanda de energía, crecen.

La consecuencia podría ser un aumento en los precios de las materias primas en los mercados internacionales, como subraya el reciente informe *Agricultural Outlook 2007-2016* (de la OCDE / FAO). El informe mencionado advierte que un aumento en la producción de agrocarburos provocará la subida de los precios de cereales (que se utilizan para la alimentación del ganado) y también del precio de la carne y demás productos ganaderos. De hecho, los precios del maíz y de otros cereales ya están aumentando, creando preocupación en distintos sectores de la sociedad (véase figura 2).

FIGURA 2.	PRECIOS INTERNACIONALES DE REFERENCIA DE CEREALES EN 2005 Y 2007 (dólares/toneladas)		
	2005	2007	Variación (%)
Trigo	150	215	43
Maíz	109	179	64
Aceite de colza	669	824	23
Aceite de soja	545	771	42
Aceite de palma	422	703	67

Fuente: Steenblik (2007).

Un informe del International Grains Council, citado en un artículo de *The Economist*, señala que a pesar de que en el año 2007 se ha dado una producción global de cereales récord (1.660 millones de toneladas ese año, en comparación con los 1.569 millones de toneladas del año pasado), la demanda superó la oferta en tres de los cuatros últimos años (alcanzará 1.680 millones de toneladas en el año 2008).<sup>5</sup>

5 "Biofuelled. Grain prices go the way of the oil price", en *The Economist*, 21 de junio de 2007.

Los partidarios de los agrocarburos afirman que el biodiésel y el bioetanol no pueden ser considerados responsables del aumento de los precios de los cereales y de los aceites vegetales, ya que los agrocarburos absorben solo una parte mínima de la demanda de esos productos (Asociación de Productores de Energías Renovables, APPA, 2007). Por otro lado, es cierto que la demanda de los cultivos energéticos ha mostrado un incremento sin precedentes en los últimos meses. Si la demanda de materia prima para la fabricación de agrocarburos crecerá a ritmos tan sostenidos, como parece muy probable, debido a los objetivos impuestos por las legislaciones energéticas europeas y americana, ésta supondrá una ulterior presión al alza de los precios.

Más investigación es necesaria para averiguar en qué medida los agrocarburos son responsables del aumento de los precios, y sobre todo cuáles son los escenarios posibles para el mediano-largo plazos.

## • La contaminación en la fase agrícola

Las producciones a gran escala de agrocarburos se llevan a cabo generalmente con técnicas de agricultura intensiva, es decir, en grandes monocultivos donde se usan fertilizantes, pesticidas y sistemas avanzados de irrigación. Si no se hiciera así, requerirían de aún más tierra (siendo la productividad menor) y serían menos competitivos incluso que los combustibles tradicionales.

La agricultura intensiva es responsable de la contaminación de agua, aire y suelo debido al uso de fertilizantes y pesticidas. Mientras los pesticidas contaminan el agua de superficie y el aire, los fertilizantes producen acidificación del suelo, debido a las emisiones de dióxido de sulfuro y a los óxidos de nitrógeno, y causan eutrofización. Los fertilizantes también contribuyen al efecto invernadero y a la destrucción del ozono, debido a las emisiones de dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ). Por esa razón, los agrocarburos no son tan verdes y sostenibles como puede sugerir el término "biocarburos".

Esas preocupaciones son recogidas en un informe reciente de dos investigadores de la OCDE, publicado con el título significativo de "Biocombustibles: ¿es el remedio peor que la enfermedad?" (Doornbosch y Steenblik, 2007). El informe, producto de una mesa redonda sobre sostenibilidad, subraya que los cultivos energéticos pueden ser producidos más eficientemente en los países



tropicales, donde la productividad es mayor; y por eso pueden constituir una amenaza a las zonas ricas en biodiversidad, como forestas pluviales y humedales:

“Teniendo en cuenta impactos como la acidificación del suelo, el uso de fertilizantes, la pérdida de biodiversidad y la toxicidad de los pesticidas agrícolas, el impacto ambiental global del bioetanol y del biodiésel puede fácilmente superar el del petróleo y del diésel” (Doornbosch y Steenblik, 2007: 5).

Otro argumento de preocupación es el consumo de agua, que en algunas zonas puede constituir un problema. En particular, mientras cultivos como la jatropha y la palma africana, usados para producir biodiésel, pueden crecer sin mucha agua, los cultivos mayoritariamente usados para el bioetanol requieren de mucha (Varghese, 2007). Por ejemplo, Varghese advierte que en el futuro la expansión de agrocarburos podría agravar la crisis del agua en varias zonas de nuestro planeta, y reducir la disponibilidad de ella para otras actividades económicas o para abastecer las necesidades hídricas de la población. Además, las técnicas de agricultura intensiva pueden contaminar las aguas subterráneas, debido al uso de agroquímicos.

También hay que subrayar que algunos de los cultivos energéticos más usados son responsables de una tasa muy alta de erosión del suelo, como por ejemplo la caña de azúcar. Según Martinelli y Filoso (2007), la caña de azúcar es responsable en Brasil de una tasa de erosión de 30 toneladas de suelo por año.

Finalmente, una producción a gran escala de agrocarburos podría favorecer una expansión del uso de organismos genéticamente modificados (OGMs), y con menos controles que los productos destinados a la alimentación. De hecho, la soja, el maíz y la colza (que están entre los cultivos energéticos más usados) son respectivamente el primero, segundo y cuarto cultivo OGM más usados (Clive, 2005).

- El ahorro de gases de efecto invernadero

El argumento principal que justifica las políticas en favor de los agrocarburos se basa en el hecho de que su uso permitiría reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, porque el CO<sub>2</sub> emitido durante el proceso de combustión es el mismo que absorbe la planta durante el proceso fotosintético. Sin embargo, un

análisis más atento al ciclo de vida de los agrocarburos nos revela que los combustibles fósiles son usados tanto en la fase agrícola (fertilizantes, pesticidas, maquinarias) como en las fases de transporte, procesamiento y distribución.

Las materias primas (mayoritariamente colza, girasol, soja y aceite de palma para el biodiésel y caña de azúcar, remolacha o cereales para el bioetanol) se producen en general a gran escala con técnicas de agricultura intensiva. Además, los combustibles fósiles se usan para el procesamiento de los agrocarburos y para el transporte de las materias primas desde el campo a la planta, y de los agrocarburos desde la planta a las gasolineras. La agricultura intensiva implica un fuerte uso de combustibles fósiles, principalmente en forma de fertilizantes, pesticidas y maquinaria. Si las materias primas fueran producidas con técnicas de agricultura biológica, el rendimiento sería aun más bajo, y consecuentemente el ya alto requerimiento de tierra sería todavía mayor. Lo mismo se puede argumentar si en lugar de combustibles fósiles se reinvertieran los agrocarburos como inputs energéticos del proceso (Giampietro et al., 1997).

Además, teniendo en cuenta las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por el transporte intercontinental y la posible deforestación (los árboles son sumideros de CO<sub>2</sub>), el ahorro asegurado por los agrocarburos resulta mucho menor de lo que aparece a primera vista, y puede llegar a ser incluso negativo.

Una evaluación integral de las políticas sobre agrocarburos de América Latina debería incluir un indicador del ahorro de gases de efecto invernadero, teniendo en cuenta todos los factores mencionados arriba.

## • La reducción de la contaminación urbana

Otra de las razones en favor de los agrocarburos es la posible reducción no solo del impacto global (efecto invernadero) sino también de la contaminación local en la fase de combustión. De hecho, varios estudios han mostrado una reducción de algunos contaminantes cuando el diésel y la gasolina son sustituidos por biodiésel y bioetanol. Sin embargo, para obtener conclusiones sobre las mejorías en términos de contaminación local es necesario comparar la posible reducción de las emisiones de los agrocarburos con todos los otros carburantes actualmente en el mercado.



La figura 3 compara las emisiones de los contaminantes más importantes relativos a una mezcla al 5,75% de biodiésel, gasolina sin plomo, gas licuado de petróleo (LPG, según la abreviatura inglesa) y gas natural comprimido (CNG). Se puede fácilmente observar que las emisiones de óxido de compuestos orgánicos volátiles (VOC, según la abreviación inglesa) y de particulado (PM) del biodiésel son solo ligeramente menores a los del diésel, pero mucho mayores a las de la gasolina. Las emisiones de NO<sub>x</sub> del biodiésel son ligeramente superiores a las del diésel.

**FIGURA 3. EMISIONES MEDIAS DE NO<sub>x</sub>, PM Y VOC DE UN COCHE DE DIMENSIÓN MEDIA**

	NO <sub>x</sub>		PM		VOC	
	10 <sup>-2</sup> g/km	Variación respecto al diésel (%)	g/km	Variación respecto al diésel (%)	(%) 10 <sup>-3</sup> g/km	Variación respecto al diésel (%)
Diésel	51,0	0	45,7	0	11,0	0
Biodiésel (100%)	56,1	+10%	28,8	-37%	2,6	-76%
Biodiésel (20%)	52,5	+3%	41,1	-10%	8,4	-24%
Biodiésel (5.75%)	51,3	+1%	44,8	-2%	10,6	-4%
Gasolina sin plomo	6,0	-88%	2,5	-95%	10,0	-9%
LPG	1,8	-96%	2,5	-95%	15,0	+36%
CNG	5,5	-89%	2,9	-94%	3,0	-73%

Fuente: Russi y Raugel (en curso de publicación).

De la misma manera, una mezcla de etanol/gasolina no cambiaría significativamente las emisiones de los contaminantes más importantes con respecto a la gasolina pura (Vitale et al., 2002). El único contaminante que se reduciría notablemente sería el benceno, que disminuiría en un 25%. Esa mejora sería, sin embargo, compensada por un fuerte aumento de las emisiones de acetaldehído, de aproximadamente el 130%, derivadas de una combustión incompleta del bioetanol. El acetaldehído es irritante de los ojos y los pulmones, y también actúa como un precursor de contaminantes secundarios como el Nitrato de Peroxicitilo (PAN), que es muy irritante y tóxico.

Una evaluación integral del sector de los agrocarburos en América Latina debería calcular la variación de los contaminantes urbanos por efecto de la sustitución de parte de los carburantes tradicionales con biodiésel y bioetanol.

### • El desarrollo rural

Otro argumento en favor de una producción a gran escala de agrocarburos es el desarrollo rural. Se dice a menudo que el aumento de la demanda de agrocarburos en el mercado internacional constituye una oportunidad para que el sector rural de América Latina pueda contribuir a mejorar las condiciones de vida del campesinado (Demirbas y Demirbasa, 2007).

Sin embargo, habría que preguntarse de qué tipo de desarrollo se está hablando y quiénes serían los actores sociales involucrados. De hecho, por su naturaleza la producción de agrocarburos para la exportación se basa en monocultivos y técnicas de agricultura intensiva, para aprovechar de las economías de escala. Este tipo de producción implica la concentración de los beneficios en manos de pocas empresas y un tipo de cultivo poco intensivo en mano de obra. Además, la sustitución de cultivos alimentarios por cultivos energéticos está reduciendo la soberanía alimentaria de las poblaciones de América Latina, aumentando su fragilidad frente a las turbulencias de los mercados. Finalmente, la agricultura intensiva produce un impacto muy serio sobre el ambiente y la salud humana, que afecta sobre todo a las poblaciones rurales.

Las organizaciones ecologistas han recogido en esos últimos años muchos testimonios de los graves impactos tanto sociales como ambientales de los monocultivos de soja y de aceite de palma en América Latina (véase por ejemplo Bravo, 2007; y Carrere, 2006). Toda esta información debería ser incluida en una evaluación integral de los agrocarburos.



## UN EJEMPLO DE EVALUACIÓN INTEGRAL DE LAS POLÍTICAS SOBRE AGROCARBURANTES: EL CASO ITALIANO

En este apartado se presenta una aplicación de la mencionada aproximación para Italia. El objetivo del estudio era evaluar las posibles consecuencias de llegar al objetivo establecido por la Directiva Europea 2003/30/EC, es decir el 5,75% del consumo total de energía del sector del transporte. Los resultados del estudio se muestran en la matriz de impactos de la figura 4 (para los detalles de los cálculos, véase Russi, 2008). Las líneas con un fondo más oscuro contienen los criterios en favor de los agrocarburos y las líneas con un fondo claro los criterios en contra. La última columna muestra el cambio en porcentaje. El estudio se enfoca solo en el biodiésel y no en el bioetanol, porque el primero es el agrocarburo más usado en Europa (80% del total de los agrocarburos) y casi el único en Italia.

Se han considerado dos escenarios:

- BIODIÉSEL-DOM: todo el biodiésel necesario para cubrir el 5,75% de la energía usada en el sector del transporte (2,8 millones de toneladas de petróleo equivalente, es decir, 3,2 millones de toneladas de biodiésel) se produce en Italia. El 20% de la materia prima sería constituida por girasoles y el 80% por colza.
- BIODIÉSEL-IMP: el biodiésel necesario se importa de un país del este de Europa y se produce solo con colza (más adecuada para las condiciones climáticas). En particular, la colza vendría de Hungría, el segundo exportador por importancia hacia Italia.<sup>6</sup>

En los dos escenarios, se asume que toda la producción de tartas oleaginosas que resultarían del proceso de prensa de las semillas se usaría como forraje animal, lo cual es una hipótesis muy optimista.

Las conclusiones obtenidas para Italia son, en general, aplicables a muchos países europeos, caracterizados por un gran consumo energético, una alta densidad de población y un clima no tropical.

6 El primero es Austria, que tiene una extensión demasiado reducida como para imaginar que pudiera aumentar sus exportaciones de colza de manera significativa.

FIGURA 4.		MATRIZ DE IMPACTOS					
N	Criterio	Unidad de medida	Biodiésel-DOM	Biodiésel-IMP	Dirección deseada	Total Italia	%
1	Requerimiento de tierra en Italia	Millones hectáreas	3,7	0	↓	Tierra total agrícola (2004): 14 (base de datos de ISTAT)	26% 0%
2	Aumento en las importaciones de comida	Millones toneladas	Trigo: 5,9; : forraje procesado 3,8	0	↓	Consumo de trigo (2004): 14,9; Consumo de forraje procesado (2004): 14,8 (Base de datos ISTAT)	40 and 26% 0%
3	Aumento en el requerimiento de fertilizantes	Miles toneladas PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -eq	383	244	↓	Uso total de fertilizantes (1999/2000): 1.016 (FAO, 2002)	38% 24%
4	Reducción de impuestos energéticos	Millones	1,239	1,239	↓	Impuestos energéticos (2004): 26,047 (base de datos CNEL)	4,8% 4,8%
5	Ahorro de CO <sub>2</sub>	Millones toneladas CO <sub>2</sub> eq	3,8	6,2	↑	Emissiones totales (2004): 583 (UNFCCG, 2005)	0,6% 1,1%
6	Reducción de la dependencia energética	Millones tep	3,9	2,6	↑	Importaciones netas de energía (2004): 159 (base de datos EUROSTAT)	2% 2%
7	Reducción de la contaminación urbana	10 <sup>-2</sup> g/km NO <sub>x</sub> 10 <sup>-3</sup> g/km VOC	51.3 44.8 10.6	51.3 44.8 10.6	↑ ↑ ↑	Emissiones de diésel emisiones: 51; 46; 11 (Beer et al., 2004; Morris et al., 2003)	-1% 2% 4%
8	Desarrollo rural	Cualitativo	Bueno	Bueno	↑		

La figura 4 muestra claramente que, muy lejos de ser “verdes” y limpios como a menudo se afirma, un consumo a gran escala de biodiésel en Italia implicaría impactos ambientales y sociales severos.

De hecho, debido al bajo rendimiento, el requerimiento de tierra sería enorme, es decir, bajo las hipótesis más optimistas, 3,7 millones de hectáreas. En otras palabras, si las materias primas se cultivasen en Italia (como en el escenario BIODIÉSEL-DOM) se requeriría el 12% del territorio italiano y el 26% de la tierra agrícola para cubrir el 5,75% del consumo de energía en el sector del transporte, es decir, el 1,4% de consumo total de energía.

Como en Italia no existe tanta tierra abandonada, la consecuencia sería un enorme aumento de las importaciones de productos alimentarios. Asumiendo que se usarían un millón de hectáreas de tierra abandonada, y 2,7 millones de hectáreas dedicadas en igual



medida a forraje y trigo, el aumento de las importaciones correspondería aproximadamente al 40 y 26% del consumo italiano de trigo y forraje procesado. Alternativamente, el biodiésel se podría importar (como en el escenario BIODIÉSEL-IMP), pero en este caso, el sector rural italiano no se beneficiaría de las políticas en favor de los agrocarburos.

En lo que se refiere al impacto ambiental, el aumento en el uso de fertilizantes representaría más de una tercera parte del uso total actual en Italia de fertilizantes, calculado en términos de potencial de eutrofización (e incluyendo en el total italiano el uso de fertilizantes en el exterior debido al trigo y el forraje importados en Italia en el escenario BIODIÉSEL-DOM y a la colza importada en el escenario BIODIÉSEL-IMP). En el escenario BIODIÉSEL IMP, el aumento en los fertilizantes sería mayor, si los métodos de cultivo fuesen parecidos a los italianos, del uso total de fertilizantes en Hungría, el país del este europeo que se ha tomado como punto de referencia.

Finalmente, para hacer al biodiésel competitivo con los combustibles tradicionales, es necesario que sea desgravado. Si el biodiésel fuese totalmente libre de impuestos y se alcanzase el objetivo del 5,75%, el resultado sería una reducción de las entradas del gobierno italiano del 0,3%, y una reducción de los impuestos energéticos del 4,8%.

En contraposición a los impactos ambientales, sociales y económicos potencialmente muy preocupantes, las ventajas de un consumo a gran escala de biodiésel en Italia serían muy modestas.

Como los combustibles fósiles se usan en todas las fases del ciclo de vida del biodiésel, el ahorro final de emisiones de efecto invernadero resultaría muy reducido. Bajo las asunciones más optimistas, el ahorro correspondería en el escenario BIODIÉSEL-DOM y BIODIÉSEL-IMP respectivamente al 0,6 y 1,1% de las emisiones de efecto invernadero de Italia en el 2004.

Debido al bajo rendimiento, la reducción de la dependencia energética italiana sería también muy reducida, es decir, alrededor del 2%. En lo que respecta a la contaminación urbana, el biodiésel no supone casi ninguna mejoría, como se muestra en la tabla 3.

El único argumento que queda en favor de un consumo a gran escala de biodiésel en Italia es el desarrollo rural. Sin embargo, si el objetivo de las políticas europeas que abogan por los agrocarburos no es el ahorro energético, ni la reducción de las emisiones de efecto invernadero o de la contaminación urbana, sino el

desarrollo rural, entonces las financiaciones que están ahora dedicadas al biodiésel (en términos de subsidios agrícolas, de fiscalización y creación de la demanda) podrían ser destinadas a otras actividades que, como el biodiésel, no son competitivas por sí mismas en el mercado, pero ofrecen a la sociedad servicios más valiosos e inconvenientes menos severos que el biodiésel. Un ejemplo podría ser la agricultura orgánica, que ayuda a reducir la presión humana sobre los ecosistemas locales y a preservar la fertilidad del suelo para las generaciones futuras, aparte de proveer comida más sana y con mejor sabor; y reducir el consumo energético del sector agrícola.

## CONCLUSIONES

De todos los argumentos mencionados arriba, se puede concluir que antes de presentar a los agrocarburos como una solución para los problemas energéticos, tanto en América Latina como en Italia y, en general, en el panorama internacional, se debería reflexionar sobre ventajas y desventajas con una evaluación integral. De esta forma, se podría llegar a visualizar que las ventajas en términos de reducción de la contribución antropogénica al efecto invernadero son modestas, mientras se ven muy preocupantes las desventajas en términos de requerimiento de tierra, de impacto ambiental en la fase agrícola (debido al uso de fertilizantes, pesticidas y agua para la irrigación), así como de una posible presión sobre los bosques tropicales.

Obviamente, estas consideraciones no contemplan el reciclaje de aceite usado y de residuos agrícolas, cuyo uso para producir energía es aconsejable y tendría que ser promovido con dos objetivos: 1. reducir los costes y los impactos asociados a la eliminación de residuos; y, 2. ahorrar energía. Tampoco se aplican a las producciones para el autoconsumo y para aprovechar la rotación de los cultivos o tierras marginales. De todas formas, esas utilidades de agrocombustibles no llegarán a tener dimensiones significativas con respecto a la reducción del efecto invernadero.

Presentar a los agrocombustibles como la “varita mágica” que contribuirá a resolver contemporáneamente el problema del constante aumento del precio del petróleo, del cambio climático, de la seguridad energética y de la contaminación urbana podría resultar un discurso peligroso que puede despertar falsas expectativas sobre una solución tecnológica al problema del excesivo uso de los derivados del petróleo, además de constituir un incentivo a la sustitución de cultivos alimentarios y a la deforestación de bosques tropicales en América Latina.



## REFERENCIAS

- Acaro lu, y Aksoy (2005), "The cultivation and energy balance of *Miscanthus giganteus* production in Turkey", en *Agromass and Agroenergy*, 29 (1), pp. 42-48.
- Altin, R., C- etinkaya, S., Yucesu, H.Y., (2001). "The potential of using vegetable oil fuels as fuel for diesel engines". *Energy Conversion and Management* 42, 529-538.
- Ahouissoussi, N. B. C., y M. E. Wetzstein (1997), "A comparative cost analysis of agrodiesel, compressed natural gas, methanol, and diesel for transit bus system", en *Resource and Energy Economics*, 20: pp. 1-15.
- Berndes, G., M. Hoogwijk y R. van den Broek (2003), "The contribution of agromass in the future global energy supply: a review of 17 studies", en *Agromass and Agroenergy*, 25 (1), pp. 1-28.
- Bernesson, S., D. Nilsson y P.A. Hansson (2004), "A limited LCA comparino large- and small- scale production of rape methyl ester (RME) under Swedish conditions", en *Agromass and Agroenergy*, 26, pp. 545-559.
- Bravo, E., O. Bonilla y E. Gálvez, eds. (2007), *Rostros viejos con nuevas máscaras, Acción Ecológica / African Centre for Biosafety / Red por una América Latina Libre de Transgénicos*. Disponible en: <http://www.accionecologica.org/images/2005/transgenicos/documentos/bionuevascarasfinn.pdf>
- Cardone, M., M. Mazzoncini, S. Menini, V. Rocco, A. Senatore, M. Seggiani y S. Vitolo (2003), "Brassica carinata as an alternative oil crop for the production of agrodiesel in Italy: agronomic evaluation, fuel production by transesterification and characterization", en *Agromass and Agroenergy*, 25 (6), pp. 623-636.
- Carrere, R., edit. (2006), "Oil palm from cosmetics to biodiesel. Colonization lkvies on", *World Rainforest Movement International Secretariat*. Disponible en: <http://www.wrm.org.uy>
- Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) (2005), *Análisis del ciclo de vida de combustibles alternativos para el transporte. Fase I. Análisis de ciclo de vida comparativo del etanol de cereales y de la gasolina, Energía y cambio climático*, Madrid, Ministerio de Medio Ambiente.
- ——— (2006), *Análisis de Ciclo de Vida de Combustibles alternativos para el Transporte. Fase II. Análisis de Ciclo de Vida Comparativo del agrodiesel y del diésel*, Energía y cambio climático, Madrid, Ministerio de Medio Ambiente.
- Clive, J. (2005), en: <http://www.isaaa.org>
- Comisión de las Comunidades Europeas. (2005) Plan de acción sobre la biomasa, COM(2005) 628 final, 2005.
- Comisión de las Comunidades Europeas. (2006) Estrategia de la UE para los biocarburantes, (COM(2006) 34 final, 2006.
- Demirbas, A. H., e I. Demirbasa (2007), "Importance of rural bioenergy for developing countries", en *Energy Conversion and Management*, 48 (8), pp. 2386-2398.
- Dorado, M. P., F. Cruz, J. M. Palomar y F. J. López (2006), "An approach to the economics of two vegetable oil-based agrofuels in Spain", en *Renewable Energy*, 31 (8), pp. 1231-1237.
- Doornbosch R. y Steenblik R. (2007) Organisation for Economic Co-operation and Development SG/SD/RT(2007)3, *Biofuels: is the cure worse than the disease?, Round Table on Sustainable Development, Paris, 11-12 September 2007, SG/SD/RT(2007)3*, Disponible en formato electrónico en: [http://www.rsc.org/images/biofuels\\_tcm18-99586.pdf](http://www.rsc.org/images/biofuels_tcm18-99586.pdf), 2007.
- Foidl, N., G. Foidl, M. Sanchez, M. Mittelbach y S. Hackel (1996), "Jatropha Curcas L. as a source for the production of agrofuel in Nicaragua", en *Agroresource Technology*, 58: pp. 77-82.
- Gärtner, A. O., y G. A. Reinhard (2005), "Environmental Implications of Agrodiesel (Life- Cycle Assessment)", en G. Knothe, J. van Gerpen y J. Krahl, eds., *Agrodiesel Handbook*, AOC.
- Giampietro, M. (2003), *Multi-Scale Integrated Analysis of Agroecosystems*, Nueva York, CRC Press.

- Graboski, M.S., McCormick, R.L., (1998). "Combustion of fat and vegetable oil derived fuels in diesel engines". *Progress in Energy and Combustion Science* 24 (2), 125–164.
- Haas M J., A. J. McAloon, W. C. Yee y T. A. Foglia (2006), "A process model to estimate agrodiesel production costs", en *Agroresource Technology*, 97 (4), pp. 671-678.
- Hoogwijk M., A. Faaij, R. van den Broek, G. Berndes, D. Gielen y W. Turkenburga (2003), "Exploration of the ranges of the global potential of agromass for energy", en *Agromass and Agroenergy*, 25, pp. 119-133.
- Janulis, P. (2004), "Reduction of energy consumption in agrodiesel fuel life cycle", en *Renewable Energy*, 29 (6), pp. 861-871.
- Kalligeros S., F. Zannikos, S. Stournas, E. Lois, G. Anastopoulos, Ch. Teas y F. Sakellariopoulos (2003), "An investigation of using agrodiesel/marine diesel blends on the performance of a stationary diesel engine", en *Agromass and Agroenergy*, 24 (2), pp. 141-149.
- Kallivroussis L., A. Natsis y G. Papadakis (2002), "RD - Rural Development: The Energy Balance of Sunflower Production for Agrodiesel in Greece", en *Agrosystems Engineering*, 81 (3), pp. 347-354.
- Labeckas, G., y S. Slavinskas (2005), "The effect of rapeseed oil methyl ester on direct injection. Diesel engine performance and exhaust emissions", en *Energy Conversion and Management*, 47 (13-14), pp. 1954-1967.
- Malhi Y. J., T. Roberts, R. A. Betts, T. J. Killeen, W. Li y C. A. Nobre (2008), "Climate Change, Deforestation, and the Fate of the Amazon", en *Science*, 319, p. 169.
- Martinelli, L. A., y S. Filoso (2007), "Polluting effects of Brazil's sugar-ethanol industry", en *Nature*, 445, p. 364.
- McCormick R. L., y T. L. Aleman (2005), "Effect of agrodiesel fuel on pollutant emissions from diesel engines", en G. Knothe, y J. Van Gerpen, eds., *Agrodiesel Handbook*, AOC.
- Munda, G. (2004), "Social multi-criteria evaluation (SMCE): methodological foundations and operational consequences", en *European Journal of Operational Research*, 158 (3), pp. 662-677.
- Peterson, C.L., Hustrulid, T., 1998. "Carbon cycle for rapeseed oil biodiesel fuels". *Biomass and Bioenergy* 14 (2), 91–101.
- Puhans S., N. Vedaraman, G. Sankaranarayanan y B. V. Bharat Ram (2005), "Performance and emission study of Mahua oil (*Madhuca indica* oil) ethyl ester in a 4-stroke natural aspirated direct injection diesel engine", en *Renewable Energy*, 30 (8), pp. 1269-1278.
- Righelato R., y D. V. Spracklen (2007), "Carbon mitigation by biofuels of by saving and restoring forests?, ENVIRONMENT: Carbon Mitigation by Biofuels or by Saving and Restoring Forests?", en *Science*, 317, p. 902.
- Russi, D. (2008), "An integrated assessment of a large-scale biodiesel production in Italy: Killing several birds with one stone?", en *Energy Policy*, 36, pp. 1169-1180.
- Turrio-Baldassarri L., C. L. Battistelli, L. Conti, R. Crebelli, B. De Berardis, A. L. Iamiceli, M. Gambino y S. Iannaccone (2004), "Emission comparison of urban bus engine fueled with diesel oil and 'agrodiesel' blend", en *Science of the Total Environment*, 355 (1-3), pp. 64-77.
- Varghese, S (2007), *Biofuels and Global Water Challenges*, Institute for Agriculture and Trade Policy.
- Venturi, P. y G. Venturi, (2003), "Analysis of energy comparison for crops in European agricultural systems", en *Agromass and Agroenergy*, 25 (3), pp. 235-255.
- Vitale, R., Boulton, J. W., Lepage, M., Gauthier, M., Qiu, X., and Lamy, S. (2002) "Modelling the Effects of E10 Fuels in Canada", *Emission Inventory Conference* Emission Inventory Conference, Florida, USA, 2002.
- Wolf J., P. S. Bindraban, J. C. Luijten y L. M. Vleeshouwers (2003), "Exploratory study on the land area required for global food supply and the potential global production of agroenergy", en *Agricultural Systems*, 76, pp. 841-861.