



**REVISTA VIRTUAL
REDESMA**

Red de Desarrollo sostenible y Medio Ambiente



Biocombustibles

Julio 2008 - Vol. 2 (2)

Presentación

Los biocombustibles se han convertido en uno de los grandes temas de debate en el marco de cambio global. El carácter de los biocombustibles, como combustible de origen biológico obtenido de fuentes renovables a partir de plantas cultivadas y restos orgánicos, ofrece un gran potencial de mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero. Ésta fue la primera fuente utilizada por la humanidad y sigue siendo la fuente principal de combustible para más de 2000 millones de personas (30% del suministro energético en los países en desarrollo). Sin embargo, la crisis climática, la escasez y el encarecimiento de los combustibles fósiles, la emisión de gases de efecto invernadero, el interés por diversificar el sector rural, y la inestabilidad política en el Medio Oriente, ha supuesto un cambio en la forma en como se percibe el uso de los biocombustibles.

Tal cambio es perceptible particularmente en las materias primas de origen agrícola. Los biocombustibles de primera generación más utilizados son el maíz, el switchgrass o soja (EEUU), la colza, el trigo o la remolacha azucarera (Europa), la caña de azúcar (Brasil); la palma aceitera y el Miscanthus en el sudeste asiático; el sorgo y la casava en China. La segunda generación de biocombustibles, se basa en el uso de materiales biodegradables derivados de la industria, la agricultura, la actividad forestal, y los residuos domésticos transformados en biogas. Día a día se conoce más sobre este potencial para dar respuestas que el mundo busca.

Aunque su contribución total al conjunto de los combustibles tradicionales es aún muy baja, su capacidad de mitigación del impacto de las emisiones a la atmósfera es muy alta, en particular en el sector de transporte, donde la capacidad de desarrollar alternativas económicas es compleja, mientras que la emisión de gases invernadero y el calentamiento atmosférico son preocupantes día a día. De ahí el principal interés por desarrollar este tipo de combustibles.

Ciertamente, los motores que se utilizan en el transporte convencional, admiten como alternativas de combustible como el alcohol etílico (motores de gasolina con o sin modificación) o ésteres grasos o incluso aceites vegetales en los motores diesel. El potencial de mitigación de los biocombustibles ha hecho que las grandes potencias emisoras hayan puesto a punto políticas dirigidas al incremento del uso de biocombustibles, como es el caso de Estados Unidos, que prevé la producción de 30.000 millones de litros de etanol y biodiesel para 2012, lo cual representaría un 5,75% de las necesidades totales de combustible para el transporte del país. La Unión Europea, en su directiva sobre biocombustibles actualizada en el año 2006, estableció como objetivo para el año 2010 el uso de al menos un 5,75% de biocombustibles en el transporte, y del 10% para el 2020, aunque recientemente esta decisión ha sido cuestionado por algunas autoridades europeas. Igualmente, también en países emergentes y en vías de desarrollo está aumentando el interés por los biocombustibles, como el caso de la India mediante la expansión de plantaciones de jatrofa para la producción de biodiesel, y China que se ha convertido en un gran productor de bioetanol.

Los diferentes agentes sociales (científicos, grupos conservacionistas, consumidores), han cuestionado en los últimos años, el uso de los biocombustibles, dando lugar a debates públicos de gran interés en torno al impacto real de los precios del petróleo en el incremento de precios de los alimentos, la eficiencia energética y las emisiones, los cambios de uso de la tierra y en particular la deforestación, los impactos asociados a la sobreexplotación del recurso hídrico, los impactos sociales asociados con el desplazamiento de población agrícola o comunidades indígenas que pueden ver comprometidos el acceso a la titularidad de la tierra.

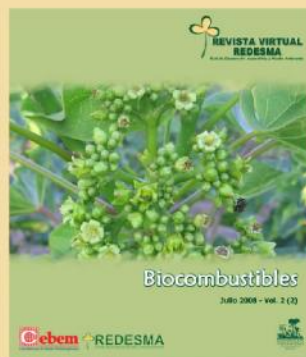
En la actualidad se ha abierto un debate al interior de los gobiernos, los organismos multinacionales (NNUU, IPCC) y los grupos de base social sobre la sostenibilidad del uso de biocombustibles, dando lugar a iniciativas como la "Roundtable on Sustainable Biofuels". Esta iniciativa internacional reúne a varios sectores sociales interesados en el uso sustentable de los biocombustibles para desarrollar criterios claros y procesos que permitan su desarrollo.

En este contexto se están proponiendo mecanismos que mejoren el uso de los biocombustibles, como las nuevas generaciones de biocombustibles a partir de productos vegetales no alimentarios, incluyendo la segunda generación de biocombustibles derivados de restos de biomasa forestal y agrícola o cultivos energéticos, relacionados con nuevas tecnologías en la producción y calidad de los combustibles derivados (bio-hidrógeno, biometanol, Bio-DME, mezclas de alcoholes, y diesel derivado de la madera). También se están desarrollando ya investigaciones para la tercera generación de biocombustibles derivados de cultivos energéticos especiales como las algas.

En fin, se ha propuesto integrar los procesos de producción de biocombustibles, como alternativas a la reducción de la pobreza en el medio rural, mediante el desarrollo de empresas agrícolas con responsabilidad social, o la creación de una economía de pequeña escala asociada a la producción de combustibles de segunda generación. No obstante, estos aspectos son complejos, y afectan a sectores sociales muy frágiles, por lo que deben estar bajo el control de organismos independientes, pues será necesario crear mecanismos legales nacionales que garanticen las políticas de generación de riqueza en los sectores implicados en la producción de biocombustibles, que eviten fenómenos excesivos de concertación de capacidad productiva.

En esta oportunidad me es grato presentar el 4to número de la Revista con todos estos temas desarrollados con profundidad. De esta manera CEBEM, pretende contribuir al actual debate, aportando la opinión de diferentes expertos internacionales que analizan los biocombustibles en este complejo contexto, desde una perspectiva eminentemente técnica. A través del material difundido esperamos contribuir a entender mejor las diferentes consideraciones sociales, ambientales, y económicas inherentes al tema.

Rafael Navarro Cerrillo
Profesor Titular
Universidad de Córdoba, España



Revista Virtual REDESMA
marzo 2008
Vol. 2(2)

Agrocombustibles

responsables

José Blanes
Diego De la Quintana

editora

Marthadina Mendizábal

consejo editorial

Carlos Arze
José Blanes
Marianela Curi
Eduardo Forno
Nicoló Gligo
José Leal
Pablo Pacheco
Rafael Navarro

diseño

Marcelo Pinto
Manuel Rebollo

foto de portada

Jathropa curcas
(cortesía Silvia Falasca)

Índice

Prólogo: Agrocombustibles: Energía del futuro	5
Estilos de desarrollo y medio ambiente en América Latina, un cuarto de siglo después (parte IV, final)	11
Ecobilan d'agents énergétiques: Évaluation écologique de biocarburants (rapport final)	31
Biocombustibles de segunda generación	49
Biofuels: Is the cure worse than the disease?	63
Potencialidad bioenergética sudamericana a partir de forestaciones con Jatropha sp. (J. curcas, hieronymi y macrocarpa)	101
Biocombustibles, agua y agricultura en los Andes	117

Prólogo: Biocombustibles

Marthadina Mendizabal*

* Marthadina Mendizábal, Economista ambiental, tiene Maestrías de las Universidades La Sorbona y Católica de Chile. Es autora de diversos libros sobre temas ambientales.

En este nuevo número hemos querido poner a disposición de nuestros lectores, una perspectiva diferente de los biocombustibles. Hemos reiterado el tema porque en el contexto de la actual crisis energética mundial, éste se mantiene en el centro de la mesa de discusiones en todos los países, y porque la información técnica más abundante día a día alimenta una controversia cada vez más asentada sobre bases sólidas. Muchos países ya han definido su política sobre el tema, han formulado leyes específicas y están canalizando recursos sustanciales a la investigación, en busca de una base firme para proveer de energías limpias con los menores impactos posibles en el orden social y ambiental.

Aunque los agrocombustibles -tema del anterior número- son también biocombustibles, hemos hecho hincapié en la diferencia sutil de ambos enfoques, separándolos deliberadamente para mostrar dos perspectivas que unos países ven como complementarias, pero que en otros se revelan abiertamente contrapuestas. Ello, claramente, en función de la respuesta de unos y otros, a temas de seguridad alimentaria y de provisión de alimentos de cara a sus propias necesidades y del mundo entero.

Es cierto que muchos países -en particular, en proceso de desarrollo- disponen de aptitudes naturales para convertirse en proveedores de materia prima para la producción de etanol y biodiésel; y es igualmente cierto que por esta vía, tienen opciones valederas para beneficiarse de su inserción en el mercado internacional, y generar divisas, empleo e impuestos. No obstante, muchos de estos países no están en capacidad para garantizar la cobertura alimentaria a toda su población, la misma que depende estrechamente de los cultivos agrícolas. Éstos están en la base misma de una relación ecológica fundamental pues tales cultivos son parte de las capacidades ambientales y del sustento de las poblaciones. El riesgo de ruptura de esta frágil relación constituiría el principal obstáculo para destinar tierras y productos agrícolas para

propósitos energéticos. La lectura de tales ecosistemas desde la óptica de los flujos energéticos conduce a una conclusión similar. Por otra parte, los regímenes de inversión no siempre buscan favorecer la retención local de las utilidades para promover el desarrollo de las regiones proveedoras. En fin, los ecosistemas naturales podrían revelar vulnerabilidad extrema a la presión creciente.

El material seleccionado para el número sobre Agrocombustibles se ha referido al destino de alimentos considerados como “*commodities*”, para la fabricación de combustibles. Las ventajas de tal forma de energía han estado referidas a la reducción de la contaminación atmosférica y la consiguiente contribución a aminorar los cambios climáticos, la creación de empleo, la demanda segura en el mercado internacional y mayores ingresos, entre otras menores; mientras que las desventajas de las fuentes alimenticias para el mismo propósito señalaban la contaminación de suelos por uso de pesticidas, el impacto social de la contribución al incremento de precios de alimentos, el uso requerido de recursos hídricos para los cultivos, y el desbalance energético a nivel de ecosistemas locales, entre otros.

Como ilustración del impacto de tales usos de la tierra, se nos señaló la necesidad de contar con cuatro veces la superficie cultivable del planeta dedicada al cultivo de plantas para biocombustibles, para poder sustituir solamente el petróleo y el gas consumido por el transporte... constatación que conducía a la reflexión ineludible de que la solución no debe ser vista sólo por el lado de la producción sino también por el del cambio de patrones de consumo en todo el globo terrestre, y en particular, en los países cuya huella ecológica se ha extendido mucho más allá de sus propias fronteras.

Se ha señalado que, en busca de una mayor producción de alimentos para propósitos bioenergéticos, el mayor rendimiento de las tierras es posible, incrementando la productividad agrícola; sin embargo

quedó en claro que tal incremento debe ir acompañado del uso creciente de agroquímicos, la ampliación de la frontera agrícola y la mayor demanda del recurso hídrico para los cultivos, todo lo cual lleva en definitiva, a un cuestionamiento de los costos y beneficios de la búsqueda.

Pese a todo ello, quedó en claro que la producción de etanol a partir de productos agrícolas (maíz, trigo, arroz, maní, remolacha, papa, yuca) es rentable, y que los márgenes de ganancia para fines energéticos dejan por fuera de la competencia, al destino de los cultivos agrícolas como alimento.

Así planteadas las cosas, todo lleva a pensar que la inserción permanente de las poblaciones en sus ecosistemas locales podría ser puesta en riesgo, en particular, en los países que no han alcanzado su autosuficiencia alimentaria. Entonces resulta razonable volcar la mirada a otras fuentes que, aunque en inferiores condiciones de rentabilidad, cumplen con el principio de solidaridad inter e intra generacional que está en la base de la noción más elemental de sustentabilidad. No son una amenaza para el problema del hambre en ningún punto del planeta y no dejan secuelas irreversibles de contaminación; por tanto las generaciones futuras podrían continuar aprovechando las capacidades ambientales heredadas.

Tal posición es compatible con el Principio Precautorio, pues en ausencia de suficiente conocimiento sobre la interrelación de sistemas complejos sociales, ambientales y económicos, sin información sobre el manejo de riesgos inciertos en el largo plazo, y sin experiencias sistematizadas de prevención de impactos en esta materia, lo razonable sería postergar toda alternativa que pueda implicar costos sociales y ambientales que las sociedades no estén en capacidad de hacer frente.

Es en este contexto de crisis energética, que ha surgido el desafío de apostar al desarrollo de los biocombustibles -como ya lo están haciendo numerosos paí-

ses- a través de la investigación y desarrollo a partir de residuos agrícolas y forestales para explotar nuevas fuentes de materia prima.

Esta opción gana espacio y popularidad en medio de la incertidumbre y presiones divergentes sobre el uso de tierras para la producción de alimentos como materia prima para la producción de etanol y biodiésel, vislumbrándose como una opción social y ecológica más provechosa para fines bioenergéticos. Éste es el campo que hemos buscado indagar para difundirlo a través del presente número.

El material incluido en este sentido se refiere a los biocombustibles conocidos como de segunda generación, producidos a partir de alimentos no comestibles, en tierras forestales y/o en tierras que no se están aprovechando actualmente en la producción agrícola. Tal producción de la naturaleza encierra un enorme potencial para dar respuesta a las inquietudes legítimas de los países, de proveerse de fuentes seguras de bioenergía por un lado, y por otro, de agrandar su nicho en el mercado internacional con una oferta energética requerida como componente añadido en los combustibles de petróleo, que genere puestos de trabajo e ingresos en el medio rural.

No se trata de mostrar una opción resuelta en todos los planos, pues el camino no es fácil. Pero se busca contribuir a la construcción de un horizonte para el mediano y largo plazo.

Los trabajos seleccionados para el presente número señalan como fuentes valederas de biocombustibles, el banano (rechazo y excedentes), cáscaras de arroz, residuos forestales, arbustos, paja, rastrojos de la producción agrícola, moléculas y celulosa contenidas en árboles, residuos de papel y de madera extraída para otros fines y desperdicios celulósicos en general. Tales productos tienen como común denominador que son de poco uso y poseen escaso valor económico. Más aún, todo muestra que la eliminación de muchos de estos subproductos genera problemas am-

bientales, lo que ocurre por ejemplo con el bagazo y los residuos de la producción de la industria cervecera. Se nos muestra también que es posible extraer la materia prima lignocelulósica de los residuos sólidos municipales; reciclaje de las aguas servidas que ayudaría en la lucha contra la entropía en los ecosistemas locales, no sólo por el reciclaje en sí, sino, por la reducción del consumo de recursos hídricos crecientemente escasos en todo el planeta.

Todas estas fuentes se presentan con un fuerte potencial atractivo para el aprovisionamiento de materia prima para plantas de celulosa que fabrican etanol y biodiésel. Se nos informa que tales residuos están disponibles y que sólo habría que buscar que el volumen garantice el abastecimiento regular de las plantas para el procesamiento.

El material puesto a disposición en el presente número de la Revista muestra las evidentes ventajas de utilizar material lignocelulósico, no sólo por el menor uso de pesticidas químicos sino también por la reducción de la utilización de almidones y azúcares contenidos en varios de los alimentos que actualmente son fuente para la fabricación de etanol. Una ventaja reiterada muy interesante es que todo este material puede producirse en tierras baldías, áridas, degradadas o en condiciones de improductividad.

Paralelamente, la producción de biodiésel que día a día se está mezclando en proporciones crecientes con diésel de petróleo, augura también grandes progresos como creciente sustituto del combustible fósil. Al igual que el etanol, la opción ecológica y socialmente conveniente dependerá de la procedencia de las fuentes. Al respecto se nos señala que puede producirse a partir de la palma de aceite, aceites vegetales o de grasas animales, inclusive de baja calidad. La información disponible nos muestra que la mayor parte del biodiésel en la actualidad proviene del aceite de soya, lo que implica una presión hacia el alza para el precio del aceite comestible fabricado de esta materia prima, por una ley económica básica: Al incremen-

tarse el precio del petróleo, el precio de los sustitutos también aumenta, y con ellos, la soya, el girasol y el ajonjolí entre otros que compiten con el uso para la fabricación de aceite. No respetar esta consideración básica para las poblaciones consumidoras de este producto equivale a arrojarse de un primer piso y romperse el cuello al no haberse respetado leyes físicas fundamentales.

Es así que adquieren importancia plantas cultivadas como insumos para el biodiésel, tales como las diferentes variedades de “jatropha”, plantas no apetecibles para el consumo humano que pueden cultivarse en tierras áridas y/o deforestadas. La Revista destina un espacio privilegiado a los trabajos sobre esta materia.

Los trabajos de investigación recibidos, contribuyen también en esta dirección al demostrar la validez de fuentes renovables ajenas a los alimentos y por ende, sustentables en el tiempo. Se señala que éstas podrían también ser una alternativa atractiva para países que luchan contra los cultivos ilícitos para la producción de drogas ilegales. En el mismo sentido, la importancia de la obtención de biomasa forestal, madera y los subproductos de su industrialización, en aquellos países con fuerte dotación natural de bosques.

En general, el bajo costo de los cultivos “energéticos” para la producción de biocombustibles debiera orientar una mayor investigación para concebir tecnologías y ponerlas a disposición de países que luchan contra la pobreza rural. El camino en esta dirección es aún largo, pues las tecnologías ya existen pero aún no están comercialmente disponibles.

De la lectura del material seleccionado se deduce en síntesis, que los precios seguirán definiendo las fuentes para producir etanol y biodiésel por un tiempo más, y, que en la asignación de usos de la tierra, el cultivo de alimentos para la producción de biocombustibles continuará aún siendo una actividad más rentable que los alimentos para consumo. El uso cre-

ciente de fertilizantes seguirá siendo una práctica allí donde se busca mayores rendimientos del suelo para la producción de materias primas. No obstante, si bien la búsqueda de ganancias constituye una actividad legítima, es hora de asimilar la evidencia de que el planeta ya ha sufrido agresiones antropocéntricas en demasía como para soportar presiones adicionales que surgen de las fuerzas económicas fuera de control. ¿Cómo demostrar, que el “óptimo de Pareto” debiera pasar a un plano secundario ahora que los equilibrios que sustentan a la humanidad están en su punto de fragilidad extrema?

El desafío que se deduce de la lectura de la Revista es para todos. La situación actual clama por mayores esfuerzos para investigar en la búsqueda de fuentes de bioenergía que sean permanentes en el tiempo, aprovechando capacidades ambientales aún no utilizadas a través de cultivos energéticos que descartan aptitudes alimenticias. Corresponde subrayar el desafío de generar divisas y desarrollo rural sin plantear mayores amenazas al equilibrio -algunas veces precario- de los ecosistemas locales y la seguridad alimentaria, buscando implementar el balance apropiado desde la perspectiva de las aptitudes y necesidades mientras se busca respuestas a las coyunturas del mercado internacional.

Dado el bajo costo de la materia prima, las nuevas tecnologías serán las que definan la rentabilidad de la fabricación del etanol y biodiésel que necesita el planeta para continuar funcionando, y su efectividad, como componente sustituto del petróleo. Las alianzas de países generadores de tales tecnologías y países con provisión abundante de materia prima son siempre una opción, siempre que funcionen en el marco de equidad en la distribución de los beneficios generados.

La certificación, ya comentada en el anterior número debiera acompañar el flujo comercial internacional, para descartar productos alimenticios que no debieran considerarse un excedente, al menos, mientras

exista el hambre en el planeta. Este instrumento dejará manifiesta la solidaridad de la humanidad con el planeta, y con países que legítimamente aspiran a desarrollarse y que en el camino pueden cometer errores que pueden socavar su base productiva.

Ésta es la línea del presente número. Agradecemos a todas las personas que enviaron sus contribuciones; a todas aquellas que pusieron a nuestra disposición, material para alimentar el debate actual, ilustrando el estado del arte en materia de biocombustibles, y a todas aquellas dispuestas a compartir conocimientos en beneficio de todos.

Estilos de desarrollo y medio ambiente en América Latina, un cuarto de siglo después (parte IV, final)

Nicolo Gligo*

* Este documento fue preparado por Nicolo Gligo en el marco del proyecto de colaboración entre la CEPAL y la cooperación del gobierno de Suecia a través de la Agencia Sueca de Cooperación para el Desarrollo Internacional (SIDA): "Training Program for Improved Environmental Management for Latin America and the Caribbean (SWE/02/081)". El documento que se presenta en este número cuenta con la autorización de Nicolo Gligo. En este, se presentan los capítulos 4 a 7 del trabajo "Estilos de desarrollo y medio ambiente en América Latina, un cuarto de siglo después". Serie Medio Ambiente y Desarrollo Nro. 126. 2006. CEPAL.

Resumen

Entre 1978 y 1980 se desarrolló un proyecto en la CEPAL denominado “Estilos de desarrollo y medio ambiente en la América Latina”, orientado al análisis de la relación del desarrollo con el medio ambiente. Marcó las líneas de estudios y de asesorías a los países de la región de la Unidad Conjunta CEPAL/PNUMA de Desarrollo y Medio Ambiente, que durante veinte años contribuyó a la conceptualización de la relación desarrollo y medio ambiente que alimentó tanto al avance del tema ambiental en los países de América Latina y el Caribe, como a la propia asesoría brindada por la CEPAL. No obstante lo mucho que se ha hecho, el desarrollo de la región latinoamericana sigue teniendo altos grados de insustentabilidad. Por ello que es conveniente reflexionar sobre lo que se planteó y delineó como trayectoria probable hace un cuarto de siglo. El continente no es el mismo, ni su desarrollo, ni su medio ambiente. Muchas iniciativas ambientales prosperaron pero otras se desvanecieron el camino. El discurso del medio ambiente, en el que aparecía éste como una dimensión contestataria y contraria a la expansión natural del sistema, muchas veces se diluyó, otras hizo mella, pero en no contadas ocasiones fue cooptado por el sistema. Quedan aún muchas deudas y desafíos ambientales. Una de estas deudas es hacer la reflexión un cuarto de siglo después que el citado proyecto presentó sus estudios. Ese es el objetivo de este trabajo.

XIII. Planificación y gestión ambiental

Es indiscutible que en los últimos decenios se ha tecnificado la planificación ambiental, llegando a reduccionismos manifiestos, debido principalmente a la necesidad de parte de los sectores dominantes, de ponerle riendas al tema.

Y en realidad no podía ser de otra manera. El discurso del medio ambiente resulta paradójico. Por una parte, es el propio crecimiento económico, la industrialización, la urbanización, la explotación de recursos naturales, la causa fundamental de la degradación del medio. Pero, por otra parte, el objetivo básico que se plantea en los países es continuar e incluso intensificar ese crecimiento.

Allí es donde parece la técnica como la solución a esta paradoja, ya que a través de ella se lograría no modificar la modalidad prevaleciente del crecimiento, sino reorientarlo. Por ello, el discurso del medio ambiente consigue formular los términos de un círculo vicioso: expandir la economía, pero minimizando los efectos degradatorios que esta misma expansión provoca.

Para continuar en este círculo es necesario no romperlo, y para ello, la vía es a través del control tecnocrático del crecimiento y en particular, de los procesos ambientales. Evitar el cuestionamiento del proceso para no dejar paso al análisis cualitativo que busque las causas estructurales y las contradicciones ambientales de esta modalidad de crecimiento.

Resulta sorprendente que el mayor desarrollo y preocupación para que la gestión ambiental sea más eficiente se haga precisamente en los países que tienen altas tasas de destrucción de sus bienes naturales debido a la sobre explotación de ellos. La explicación hay que buscarla precisamente en el control tecnocrático de los procesos ambientales. Para las fuerzas dominantes, la dimensión ambiental no puede ser un elemento de desestabilización del modelo económico, por más depredador que éste sea, sino que debe estar al servicio de él. De esta forma, la complejización jurídica unida a la creación de todo tipo de control de normas, puede ser un adecuado instrumento al servicio del sistema.

Hace un cuarto de siglo atrás, la planificación ambiental luchaba por hacerse un espacio dentro de la planificación del desarrollo. Hay que dejar en claro, además, que en ese tiempo, en América Latina, no se demonizaba el término planificación, tal cual hoy día se hace.

En el proyecto de “Estilos de desarrollo y medio ambiente en la América Latina” Álvaro García H. y Eduardo García D’Acuña analizaron cómo incorporar el medio ambiente como una variable más en la planificación del desarrollo (García y García D’A., 1980). Lo interesante de estos autores es que pese a plantear la dimensión ambiental como una variable más, establecieron algunos requisitos aún vigentes hoy día. “Sin embargo, quisiéramos aclarar que la única forma de asegurar que los estándares ambientales reflejen realmente los niveles sociales deseados, es a través de la participación consciente de la población en el proceso de toma de decisiones. Esta participación consciente se obtiene de dos formas que se deben desarrollar conjuntamente. La primera es una intensa campaña de educación y percepción ambiental que le permita a la población entender el marco global de la relación sociedad humana-naturaleza. La segunda es la creación de los canales de participación democrática que le permitan al Estado que le permitan convertirse efectivamente en la expresión de la comunidad organizada”.

No cabe la menor duda, que estos planteamientos, realizados hace un cuarto de siglo atrás, siguen teniendo plena vigencia y constituyen dos de las principales deudas ambientales existentes. La explicación de los pocos avances hay que también explorarlas en la necesidad de los grupos dominantes de ponerle las riendas al chúcaro corcel del medio ambiente.

Metodológicamente ya hace un cuarto de siglo se había avanzado para incorporar la dimensión ambiental. Rubén Utria en el proyecto “Estilos de desarrollo y medio ambiente en la América Latina” presentó un notable trabajo en el que planteaba que “su tema central, no es la ecología y el ambiente en sus disciplinas conexas, sino el papel estructural que el ambiente tiene en los procesos de desarrollo, y cómo incorporar, interrelacionar, y compatibilizar sus variables con el resto de las que ya son reconocidas y consideradas en mayor o menor grado en los ejercicios tradicionales de la planificación nacional del desarrollo” (Utria, 1980). Es un extenso trabajo que incluye enfoques a distintos niveles y que aún hoy tiene plena vigencia.

En la década de los ochenta y parte de los noventa, con el impronte cibernético, se desarrollaron variadas metodologías para incorporar la dimensión ambiental, muchas de ellas basadas en simulaciones y modelos de comportamiento, que indiscutiblemente sirvieron para clarificar más los pasos, los cuellos de botellas, las determinantes, físicas y sociales y también las respuestas.

Muchos de estos esfuerzos se inscribieron dentro de la lógica economicista, dada la moda creciente de entronizar el mercado como rector del pensamiento sobre medio ambiente y desarrollo. Obviamente, que al margen de la elaboración de algunos interesantes métodos, la gran mayoría naufragó en las contradicciones ontológicas de la economía respecto al medio ambiente.

Consecuente con el proceso de control tecnoburocrático surgió en las últimas décadas en los países de la región, la necesidad de instrumentalizar el proceso, de ampliar el campo de control sobre la base de la cuantificación. Así proliferó la creación de metodologías repletas de indicadores e índices, cuantificando todo o introduciendo métodos cuali-cuantitativos.

La extensión cuantitativa fue acompañada de los necesarios instrumentos de comando y control, tan defenestrados frente a los instrumentos económicos, y cuya vigencia sólo se justificó para hacer operativa la extensión cuantitativa.

Sin embargo, la cuantificación, que vistió con ropajes más finos la temática, no fue un aporte tan eficiente como el requerido. Las necesarias normas y reglamentos siempre se pusieron al servicio del manejo tecnoburocrático. En casi todos los países se les manipuló para no amenazar la estructura de poder predominante. Así surgieron los llamados “principios” que relativizaron las leyes, reglamentos y normas.

Uno de los principios más utilizados ha sido el de la “gradualidad”: este se basa en la afirmación que como los países de la región son pobres y no han alcanzado un adecuado estadio de desarrollo las normas de límites tolerables de contaminación, así como las normas de uso de recursos naturales renovables, no

pueden tener el nivel de los países desarrollados. Por ejemplo, muchos países de la región tienen normas referidas a la contaminación del agua y del aire que exceden los límites de peligrosidad para la salud humana.

El principio de la gradualidad ha dado para todo. Bien utilizado y sobre la base de una clara intención política de seguir progresando en el tema, este principio puede ayudar a no caer en posiciones de extrema rigidez por negarse a efectuar una medida ambiental si ésta no corresponde cien por ciento a los cánones técnicos recomendados.

Pero, por otra parte, y es lo que ha pasado y pasa corrientemente en América Latina, el principio de gradualidad se lo utiliza como un freno para la aplicación de normas ambientales, sobre la base de un cumplimiento mínimo. Así por ejemplo, para llegar a los límites tolerables de $100 \mu\text{gr}/\text{m}^3$ de MP 10 de contaminación del aire, se acepta en los primeros cinco años de aplicación del plan “x”, un límite de $200 \mu\text{gr}/\text{m}^3$.

El otro principio que ha sido muy aplicado en la región es el de la “flexibilidad”, que permite, vía leyes y reglamentos, la excepción de la aplicación de una norma, sobre la base de no afectar la inversión, el crecimiento económico o algún otro objetivo de desarrollo. Las legislaciones nacionales están llenas de ejemplos de cláusulas utilizadas para aplicar el principio de flexibilidad.

No obstante, la presión por una mejor gestión ambiental, la mayor conciencia crítica de los procesos de desarrollo, la necesidad de no amenazar la base física de los procesos productivos, etc. han influido para que en los países de la región se legisle introduciendo leyes y reglamentos en pro del medio ambiente.

Los países de la región tienen todos una abundante legislación que podría considerarse ambiental, legislación que se originó varias décadas atrás, constatándose incluso algunas medidas que datan del siglo diecinueve. Pero sólo en las últimas décadas han flo-

recido leyes específicas *ad-hoc* para el medio ambiente.

La mayoría de ellas, amén de levantar al rango institucional principios ambientales, han servido para extender el control tecnoburocrático, sobre la base de institucionalizar los instrumentos básicos de la gestión ambiental.

Los sistemas de evaluación de impacto ambiental (EIA)

El instrumento más utilizado ha sido el de los sistemas de evaluación ambiental, incluyendo toda la gama de evaluaciones, estudios básicos, declaraciones, etc. Los sistemas de evolución de impacto ambiental han sido reglamentados en todos los países de la región sobre la base de los modelos instituidos en países europeos.

En términos generales, se puede afirmar que en estos países hay muy pocos antecedentes para efectuar evaluaciones precisas y confiables. La información mínima requerida se ha llamado línea base o línea de estudios básicos. Hay marcados déficit de informaciones físicas de clima, geología, geomorfología, suelos, flora y fauna, lo que lleva a aventurar evaluaciones de estudios ambientales discutibles. Para suplir los déficit se simula, se sacan promedios, muchos de ellos lineales, se intercalan datos, etc., o sea, se usan todos los artificios de cálculo posibles.

El caso de los antecedentes climáticos es elocuente. Como en general en la región hay déficit de estaciones meteorológicas, se tiende a sacar promedio entre dos estaciones, aunque estén distantes o medie entre ellas un accidente geográfico que afecta claramente el clima. Muchas veces, y esto es corriente en la zona andina, estos promedios no consideran los cambios altitudinales.

Con relación al suelo se puede afirmar que en los países de la región las tipologías de suelos se han confeccionado a escalas muy generales. Pasa algo similar con los mapas de capacidad de uso. Dado que los estudios de suelos encarecen las evaluaciones, en

muchas de ellas no se realizan, simplificando los antecedentes a aproximaciones de tipos generales ya descritos en las bibliografías.

Lo que sucede con la flora, la fauna y la biodiversidad es patético. Muchos proyectos están insertos en áreas donde se las desconoce. En estos casos se recurre a descripciones del macro ecosistema en donde está el proyecto inserto, o sencillamente se hace extensiva la información que proviene de un ecosistema vecino. Muchos estudios están repletos de largas descripciones de especies sin análisis de sus comportamientos, de sus tramas tróficas, de los nichos ecológicos, de las cuantificaciones específicas, etc.

Lo más grave de todo esto es que sin bases fidedignas, es muy difícil prever el real impacto de los proyectos. Sólo aproximaciones que dan base a detractores y a partidarios. Esto se solucionaría con estudios de línea base para cada proyecto realizados con la profundidad requerida, pero, en general, las legislaciones existentes permiten no ser rigurosos en estos estudios.

De esta forma, los estudios de evaluación de impacto ambiental y sus similares, se convierten en un requisito burocrático que, en una proporción importante, sirve para legitimizar la inversión desde el punto de vista ambiental. Sin embargo, en algunos países las exigencias y controles han aumentado, convirtiendo a la evaluación en un instrumento razonablemente útil para perfeccionar un proyecto. No obstante, aún queda un largo camino para perfeccionar los sistemas.

La moda de los estudios de evaluaciones de impacto ambiental surgió con mucha fuerza en la región en los decenios de los ochenta y primera parte de los noventa. En todos los países se propusieron leyes y reglamentos que posteriormente se instituyeron de diversas formas, y demandaron un aparato estatal con exigencias de expertos que tuviesen conocimientos suficientes para poder calificar los proyectos. En algunos países se reforzaron los cuadros técnicos, pero en otros, los problemas del financiamiento público lo impidieron.

Los sistemas de evolución empezaron a abrirse paso lentamente, pero de partida, con muy precarios financiamientos. En términos generales los inversionistas, tuvieron que sumar tiempo y recursos para poder cumplir los requisitos exigidos, lo que generó malestar y presión para modificar la situación.

Esta realidad llevó a que hoy día en muchos países de la región se propongan serias modificaciones para destrabar los sistemas de evaluación de impacto ambiental, tanto en exigencias como en plazos. La lógica del sistema se impuso: en vez de dotar financieramente a las instituciones fiscales, en vez de capacitar adecuadamente, en vez de contratar empresas especializadas para evaluar, etc., se ha tendido a reducir la importancia de este instrumento, modificándolo para evitar su influencia.

Es importante destacar que la demanda por perfeccionar la información de base, tampoco ha sido respondida en la región. No hay más investigación que permita hacer estudios de línea base más atingentes a las necesidades del desarrollo. Hay marcada carencia de estudios de cuencas en la América Latina, así como la de estudios ecosistémicos. Por lo tanto, cada proyecto, megaproyecto, o incluso, política que quiera realizarse con una calidad que garantice su eficiencia, se deberá incorporar a estos estudios para suplir los déficit, lo que los encarecerá.

Se prevé que la presión, en particular del sector empresarial, para hacer más laxas las exigencias de evaluaciones de impacto ambiental, se intensificará. Si ello no sucede, sería sólo por las exigencias internacionales derivadas de la intensificación del comercio internacional.

El problema en América Latina es bastante complejo, pues la aplicación del instrumental de evaluación de impacto ambiental no pudo constituirse en el pilar casi exclusivo de una estrategia de gestión ambiental. Y no hay visos de cambio en la región, lo que obviamente incrementará los problemas de gestión.

El ordenamiento ambiental del territorio

El otro gran instrumento de gestión ambiental es el reordenamiento ambiental del territorio, que por lo general se ha implementado en la región. Sólo se pueden constatar esfuerzos para confeccionar planes ambientales territoriales que no pasan de ser meramente indicativos, y que no están lo suficientemente respaldados en términos políticos como para aplicarlos eficazmente.

Los esfuerzos de incorporación de planificación territorial comenzaron con bastante fuerza a fines de los sesenta y continuaron en el decenio de los setenta. En varios países de la región incluso se crearon instituciones especiales de investigación y planificación de recursos naturales. Muchas de estas actividades surgieron de la aplicación de proyectos aerofotogramétricos de alcances nacionales o subnacionales.

En los decenios del sesenta, setenta y parte de los ochenta en el Perú, las evaluaciones y planificación territorial estuvieron en manos de la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN). En Chile, se hicieron estudios integrados de recursos naturales como base para la planificación territorial, a través del Instituto de Investigación de Recursos Naturales (IREN). Más específicamente ambiental, en México se confeccionaron los Ecoplanes. Venezuela confeccionó su gran estudio sobre “Sistemas ambientales venezolanos”. Ecuador, siguiendo la asesoría francesa creó PROMAREG, con programas para el manejo de los recursos naturales rurales. En Colombia, en la década de los ochenta, la planificación territorial ambiental se radicó en las URPA o Unidades Regionales de Planificación Agrícola. En Bolivia se elaboró y aplicó un sistema de planificación ambiental desde la base. Brasil también masificó su ejercicio de planificación a través de lo que se hizo en las Microregiones de planificación. En el resto de los países de la región los esfuerzos no fueron de dimensiones nacionales o subnacionales, sino que se redujeron a cuencas o ecosistemas determinados.

A estos esfuerzos se sumaron los realizados en casi todos los países de la región para el manejo y gestión de cuencas hídricas. Destacan los efectuados para la

cuenca del Plata y sus subcuencas, Bermejo, Pilcomayo, Alto Paraguay, Paraná, Uruguay. También el realizado en la gran cuenca del Araguaia-Tocantins y en subcuencas del Amazonas.

Lo que cabe preguntarse es por qué después de cuarenta años de intentos, el tema del ordenamiento ambiental territorial siga en pañales en América Latina. Por qué tantos estudios quedaron en el olvido sin que se haya conseguido el efecto deseado. Por qué las mismas metodologías aplicadas en países de Europa, no han sido eficaces en esta región.

La respuesta hay que explorarla en la estructura de tenencia y formas de organización de los procesos de producción y consumo. En los países europeos, por lo general, se busca que la sociedad planifique la expansión urbana, la localización industrial y el manejo de los residuos. En América Latina, al plantearse planes de ordenamiento territorial se aborda el tema del subuso y sobreuso del suelo. Las determinantes socioeconómicas son fundamentales, en donde se destaca la tenencia de la tierra. Por ello que entrar a cambiar estas condicionantes convierte al plan aparentemente técnico en un instrumento político, que por lo general, lo invalida.

A otra escala las ciudades de América Latina cuentan con planos reguladores, que en muchas ocasiones se muestran como parte de la planificación ambiental territorial. Pero un porcentaje bastante importante de ellos están muy lejos de serlo.

En primer lugar, como ya se planteó anteriormente, hay que destacar que los planos reguladores urbanos han sido generalmente elaborados por lo que se llamaría urbanistas tradicionales, que están bastante lejos de internalizar en forma adecuada la dimensión ambiental. Por ello, estos planos se han construido sobre la base de prioridades que tienen que ver con equilibrios poblacionales, desarrollo del transporte, etc. Lo más paradójico, es que son tan poco ambientales, que muchos de ellos han tenido que ser sometidos a evaluaciones de impacto ambiental. Esta es una contradicción que muestra el atraso de estos planos, ya que por definición deberían ser ambientales.

El otro gran problema que enfrentan estos planos es que muchos de ellos, sencillamente relevan lo que hay. Es decir, le dan categoría de suelo urbano al que fue ocupado ilegalmente, más allá que tenga esta aptitud. Es una especie de toma de razón de los que ha sucedido, para poder efectuar mejoras que entren dentro de la jurisdicción municipal.

La región está llena de ejemplos sobre como se han expandido las ciudades más allá de los planos o de las líneas establecidas por los gobiernos urbanos. Guayaquil, Ciudad de México, Tegucigalpa, Río de Janeiro, Ciudad de Guatemala, La Paz, Quito, Santiago de Chile, Buenos Aires, Resistencia, Sao Paulo, Recife, Manaus, etc., en todas ellas la gente pobre ha ocupado las áreas con menos habitabilidad, ya sea por sus limitaciones por pendiente, por inundabilidad, o por ser lecho de mar o de río.

En ocasiones las ciudades se han expandido no hacia áreas de baja habitabilidad, sino hacia suelos agrícolas altamente productivos, con la consiguiente pérdida. La expansión urbana ha tenido tan alto costo de suelos agrícolas, o se ha ido a áreas de alta erodabilidad que se hace indispensable en la región impulsar planos urbanos regionales, considerando, además de las ciudades, las áreas periurbanas de impacto, ya sea por el manejo de residuos o por los cambios en la estructura de uso del suelo.

Los actuales planos en vigencia, en especial, los más regulados y con cierto grado de eficiencia, tienen que luchar contra todo tipo de presiones políticas para cambiar el destino de los suelos. La especulación del suelo, tal como lo enunció Guillermo Geisse y Francisco Sabatini, sigue teniendo la fuerza y el efecto que mostraba hace un cuarto de siglo (Geisse, y Sabatini, 1980). “La especulación con tierras urbanas en la América Latina no tiene un papel sobre la oferta que favorezca un desarrollo urbano eficiente y equitativo. Por el contrario, la especulación ha contribuido a un crecimiento extensivo y discontinuo de las áreas urbanas imponiendo costos sociales crecientes”.

Los instrumentos económicos para la gestión ambiental

El otro tipo de instrumental de gestión ambiental en boga en la región es el económico. En la última década América Latina recibió el oleaje de la desregulación del Estado y del reemplazo de los instrumentos ambientales de comando y control por instrumentos económicos. La moda que marginó a los de comando y control, entronizó a los económicos como los probables salvadores del medio ambiente.

En primer lugar, la dicotomía entre unos y otros fue hábilmente utilizada para presionar por la eliminación de muchos de los instrumentos de comando y control, aduciendo su ineficacia. Obviamente que la eliminación de estos tuvo el efecto deseado: más permisividad y relajamiento de la gestión ambiental, con el consiguiente retroceso en el control y el incremento de impactos ambientales negativos.

Al margen del uso de ciertos instrumentos económicos con algún grado de eficiencia, la introducción de estos conlleva una evidente contradicción. En la actual modalidad de desarrollo adoptada en la región, al medio ambiente se lo incorpora como una variable a la que hay que someter a una gestión especial para tratar de neutralizar los impactos ambientales negativos de esta modalidad. En general, se señala que el principal conflicto que exige una gestión ambiental *ad hoc* es que muchos procesos ambientales no son captados por el mercado y, en consecuencia, se hace necesario corregir las imperfecciones que éste produce. Por ello que resulta absolutamente contradictorio que para corregir los problemas ambientales creados por procesos de mercado, se fomente el uso de instrumentos precisamente de mercado.

Siguiendo la moda, en casi todos los países de la región las instituciones públicas ligadas a la gestión ambiental hicieron publicaciones sobre instrumentos económicos. Más aún, en algunos países se incentivaron investigaciones para profundizar algún ejemplo medianamente exitoso. Un país, en una reunión regional de Ministros y Jefes de Medio Ambiente mostró importantes avances en la aplicación de un instrumento económico, cuando en realidad ni siquiera

ra la ley que requería para su puesta en práctica había sido aprobada.

En la última década siempre hubo demostraciones de que se había aprendido la lección de la necesidad de aplicar instrumentos económicos, en especial de mercado. Desafortunadamente, las rendiciones de cuentas y los informes dados hasta la fecha han sido muy poco veraces y los intentos poco eficaces. Si se hubieran mirado estos intentos como parte de la penetración de un estilo globalizante que necesitaba relajar las exigencias ambientales de los países de sur, se habría podido tamizar y seleccionar instrumentos económicos como parte de estrategias específicas *ad-hoc* para cada país, en vez de caer en otra trampa antiambientalista.

Los desafíos instrumentales

Los continuos y fallidos intentos del último decenio para introducir con fuerza los instrumentos económicos de mercado han delineado lo que constituye el desafío actual y previsiblemente del futuro respecto a estos instrumentales: es necesario configurar estrategias basadas en menús de instrumentos, insertos en una estructura de comando y control, especialmente jurídica e institucional, en donde se inserten articuladamente el resto de los instrumentos, entre ellos los económicos.

No obstante conocer dificultades y contradicciones tenidas con los instrumentos económicos de gestión, es muy importante dejar en claro la utilidad creciente que están teniendo algunos instrumentos de planificación y evaluación, en especial cuando se los usa para la asignación de recursos.

En el proyecto “Estilos de desarrollo y medio ambiente en la América Latina”, Alvaro García y Eduardo García hicieron referencia a los modelos multisectoriales, y específicamente, a los modelos de insumo-producto y a la contabilidad social de los recursos naturales (García y García D’A., 1980). “La gran ventaja que ofrece el uso de la matriz insumo-producto es que capta el conjunto de efectos, no mar-

ginales, que el daño y protección del medio ambiente tienen sobre la economía. Esto tiene un gran valor de especificación pero no hace avanzar en términos de evaluación del deterioro ambiental”. “La contabilidad social de recursos naturales tiene por objeto equilibrar el uso de estos recursos según su disponibilidad, distribuir su uso y explotación por sectores productivos y equilibrar el sistema económico-ecológico o, en otras palabras, el balance entre explotación y preservación de los recursos naturales”.

Estos planteamientos tuvieron una aceptación sólo relativa en la región. Los modelos de insumo-producto fueron poco utilizados, pero el tema de la contabilidad del patrimonio natural estuvo muy de moda a fines de los ochenta y principios de los noventa.

En administraciones ambientales, instancias nacionales de manejo monetario, círculos académicos y organizaciones no gubernamentales se hicieron esfuerzos para aclarar e impulsar la temática de la contabilidad del patrimonio nacional. Es obvio pensar que muchos de estos esfuerzos se realizaron en el contexto del entrapamiento economicista prevaleciente en el mundo ambiental que buscaba establecer lenguajes comunes y discursos coherentes y entendibles entre ellos y los tomadores de decisiones, muchos de ellos economistas.

La moda impulsada en países europeos se extendió como una reguera de pólvora en el mundo y se pudieron leer sendos estudios de países europeos, africanos y asiáticos que mostraba como los PIB bajaban violentamente al introducir el tema del costo ecológico de las transformaciones.

No obstante el entusiasmo inicial, poco a poco el interés empezó a desinflarse. Empezaron a aparecer las discusiones académicas de la valorización económica de los bienes de la naturaleza que no están en el mercado. Se hicieron numerosos estudios, investigaciones y elaboraciones que llegaron a propuestas, cual más cual menos discutibles, con amplios márgenes de error, dadas las contradicciones inherentes al proceso de valorización.

Los acercamientos conceptuales de la valoración económica se han hecho ya sea a través de la economía ambiental ya sea a través de la economía ecológica. Impresiona el poco avance que existe en la región sobre el conocimiento de estas ramas de la economía. Y más sorprende que los economistas tradicionales muy poco saben de sus diferencias y de sus planteamientos teóricos y estructuras.

Es por esta razón que sería adecuado hacer claridad sobre los campos de la economía ambiental, que tratan de registrar la pérdidas o irreversibilidades inherentes a todo proceso físico, mediante prácticas de valoración que permitan aplicar el instrumental analítico habitual de los economistas que razonan en términos de precios, costos y beneficios efectivos o simulados. Aunque el término de economía ambiental, tal como lo ha planteado José Manuel Naredo “resulta chocante, al afirmar ahora la voluntad de abarcar el medio ambiente que la propia economía había generado, cuando se consolidó como disciplina autónoma a costa de circunscribir su ámbito de reflexión al campo de los valores pecuniarios, dejando de lado al mundo físico” (Naredo y Valero, 1999).

Y también habría que profundizar la economía ecológica, que adapta a las exigencias de la gestión el aparato analítico de disciplinas que, como la ecología o la termodinámica, se preocupan de aclarar lo ocurrido en las pérdidas o irreversibilidades inherentes a todo proceso físico.

La formación universitaria en la América Latina presenta una clara laguna frente a la temática de la economía del medio ambiente y de los recursos naturales. El economista está en claro retroceso frente a “mercadista” y “negocista”. Y además, el economista sigue teniendo una formación cada vez más tradicional. Y en ésta, el tema ambiental, por lógica de mercado, es un pariente pobre. La formación de economistas ambientales clásicos, no pasan de ser ejercicios de valoración, modelos, simulaciones, pero, incluso hay de este tipo de economistas un marcado déficit en la región. Para qué mencionar el pensamiento interdisciplinario de la economía ecológica. Aquí hay sólo tibias y muy limitadas exploraciones,

que están muy lejos de la formación de núcleos pensantes de alto nivel.

Los desafíos de la gestión ambiental tienen que centrarse en la creación de instrumentos nuevos *ad-hoc* para la región. Ya los instrumentos tradicionales han demostrado o su ineficacia o que pueden ser fácilmente manipulados para evitar el avance de las exigencias ambientales.

Pero no hay que olvidar que en la actual modalidad de desarrollo para mejorar la gestión del medio ambiente en la América Latina hay que remar en contra de la corriente. Y ello crea una disyuntiva difícil de abordar. Si se utilizan instrumentos absolutamente coherentes con la modalidad prevaleciente en la región, hay un grado considerable de probabilidad que se conviertan en requisitos burocráticos ineficaces o, alternativamente, si se utilizan instrumentos para modificar las tendencias ambientalmente insustentables, es muy probable que los instrumentos se los anule o sencillamente se los elimine.

XIV. Los desafíos de la participación ciudadana

Hace veinticinco años atrás el tema de la participación ciudadana en el debate ambiental recién comenzaba. Se habían esbozado los planteamientos básicos sobre las contradicciones entre el mundo ciudadano y las fuerzas dominantes. Por esta vía, algo se avanzó en el tema de la incorporación de la ciudadanía, evidentemente insuficiente para que ésta asumiera un rol importante en la incorporación de la dimensión ambiental en el desarrollo.

El tema fue planteado con fuerza por Santiago Torres desde la perspectiva de la planificación regional (Torres, 1980). “Desde el punto de vista de la participación comunitaria en la gestión ambiental del desarrollo regional debe tenderse a institucionalizar los canales concretos de participación ciudadana que puedan tener su expresión inicial en el plano local. Habría que analizar con detenimiento la posibilidad de establecer lo que podríamos llamar cabildos ambientales que discutirían las acciones, medidas y proyectos con influencia directa sobre la calidad de vida local y cuyos resultados influyeran en la estrategia regional. Debieran explorarse, en este sentido, análogos como el británico de audiencias públicas (*public hearings*) para la consideración e proyectos públicos o de proyectos privados de efecto ambiental importante”. No obstante estos planteamientos, poco se hizo en los años posteriores a cuando fueron enunciados.

Los avances recientes

Algunos esfuerzos importantes se han hecho recientemente en la región para incorporar a la ciudadanía. Y fue la CEPAL que puso con fuerza el tema en la mesa de discusión (CEPAL, 2000). En esta institución se estableció la necesidad de incorporar los espacios del desarrollo sostenible, al tratar de “establecer las bases sólidas para la construcción de un pacto ciudadano fundado en la articulación com-

plementaria de responsabilidades sociales que puedan validar el proceso para gestar una calidad de vida alternativa, que se actualice en lo cotidiano y dentro de un horizonte futuro deseado y viable”.

Alicia Bárcena fue más allá al plantear que, junto con avanzar en la temática, era necesario profundizar los conceptos de participación, creando, si es necesario, un concepto de ciudadanía enriquecido por la dimensión ambiental: “surge así la necesidad de incorporar al concepto de ciudadanía, la dimensión ambiental. Esta extensión del concepto reconoce que, conforme al rol que cada sujeto cumple en la sociedad, cada actor social tiene responsabilidades diferenciadas frente a la gestión ambiental y cada grupo representa intereses y valores distintos. El concepto comprende las obligaciones éticas que nos vinculan tanto con la sociedad como con los recursos ambientales del planeta, de acuerdo con nuestro rol social y en las perspectivas del desarrollo”.

Lo interesante de todo este planteamiento institucional y personal es el reconocimiento de que el medio ambiente es una dimensión ética y también política que necesariamente debe expresarse a través de la activa participación ciudadana. Obviamente que siempre se lo ha planteado así, pero lo que hacía falta era introducir estos conceptos en los documentos oficiales.

Sin embargo, es importante destacar los déficit que se producen en los países de la región. Se ha avanzado, pero no como se hubiese deseado. Hay, por una parte interés de determinados sectores, de que no se incorporen posiciones que indiscutiblemente, van a presionar por medidas ambientales que se traducen en mayores costos. Por otra parte, la participación ciudadana, en democracias endebles, para determinados sectores, siempre es un factor de perturbación, un factor que altera el cauce normal del manejo político, molesta y, por ello, debe evitarse que tome fuerza.

La participación ciudadana corresponde a la aparición del ser humano en el medio, lo que sería contradictorio con la extensión del campo de control racional-técnico. La humanización hace germinar las contradicciones propias de un proceso indeseable por sus

efectos. Pero, paradójicamente, es el propio ser humano quien realiza esta extensión para el control racional-técnico. Por ello, que el segmento de la sociedad que le interesa no asumir costos ambientales en sus actividades, es el que corrientemente trata de manipular la incorporación de la ciudadanía para evitar su influencia.

Las dificultades de la participación

El avance ético y político en torno a la dimensión ambiental ha influido para que el tema de la participación ciudadana haya ido aumentando su influencia. Ello ha sido fundamental para los progresos que se evidencian en la región. Sin embargo, cual más cual menos, aunque en las legislaciones y reglamentos aparece la exigencia de la participación ciudadana, en la práctica se incrementan las dificultades para esta participación. Se constata una participación que generalmente se apega a la legislación vigente en un país, pero, en la práctica, no pasa ser una cuestión formal.

Una de las fórmulas socorridas para manipular la participación es utilizar la representatividad de la sociedad civil. Es corriente que en los países de la región no exista una estructura institucional claramente representativa de la sociedad civil. La pregunta que siempre queda sin respuesta se refiere a quién realmente asume la representación. ¿Son las organizaciones tradicionales de organización social, como sindicatos, juntas de vecinos, comités campesinos, centros de madres, o son las ONG ambientalistas? Y si se elige esta última vía ¿cómo se elige el representante?

Ahora bien, las organizaciones sociales definidas como no ambientales, tienden a delegar la representación en las organizaciones ambientalistas que “son las que saben del tema”. Como consecuencia, el corriente de la ciudadanía, no conoce la temática y sólo se sensibiliza cuando un problema ambiental la toca directamente. Esta forma, bastante usual, de dividir las organizaciones sociales entre las ambientalistas y las no ambientalistas, se presta para que el tema siga

sin penetrar con la fuerza requerida en los ciudadanos corrientes, y en consecuencia, para, poner en duda la representatividad.

El hecho de no existir federaciones o confederaciones de las ONG ambientalistas, reconocidas y legitimizadas, redundando en las lagunas que se presentan cuando hay que elegir los representantes de la sociedad. Esto permite que se elija a dedo a quien representa. La historia reciente de América Latina está plagada de ejemplos. Para discutir el proyecto “x” se elige a la organización “j”; para analizar el proyecto “z”, se le da la representatividad a la organización “k”. De esta forma se construyen los principales sistemas de participación ciudadana en los países de la región.

Otra de las formas de manipuleo del tema, es mediante la tecnocratización del debate. En la medida que se incorporan tecnologías complejas que afectan al medio ambiente tanto en los procesos de producción como en los de consumo, se hace más complejo entender la problemática ambiental. La gente sólo la percibe cuando hay un problema de salud que le afecta; no entiende lo que quiere decir las concentraciones de $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2 o de PTS. Y en América Latina, en vez de capacitar a la población, se ha circunscrito cada vez más el debate a estamentos profesionales calificados, sean del gobierno, de las ONG o de empresas. Ello margina a la población en un proceso que aparentemente es una automarginación.

La tecnocratización ha influido para que las ONG ambientalistas sufran importantes cambios. Hace dos o tres décadas atrás, las ONG actuaban básicamente en la denuncia, tratando de que la población se interiorice de un determinado problema ambiental. Hoy en día, esa misma ONG para entender lo que está pasando tiene que tener profesionales especializados que al menos hablen un adecuado lenguaje científico y técnico. Y eso, paradójicamente, las convierte en organizaciones más sofisticadas, característica que en no pocas ocasiones hace separarlas de la ciudadanía.

Por ello, no obstante incrementarse la conciencia crítica del medio ambiente en las sociedades latinoamericanas, el proceso de tecnocratización ha aislado en cierta medida a muchas de las ONG ambientalistas.

tas, en otras ocasiones las ha anulado, y algunas veces las ha convertido en centro de estudios técnicos para aportar sus puntos de vistas en alguna evaluación o discusión técnica.

Los desafíos que vienen

En contraste con los esfuerzos internacionales para potenciar el tema de la participación ciudadana los países de la región no han progresado en la medida requerida. Es posible que el planteamiento de Marshall Wolfe, en el proyecto “Estilos de desarrollo y medio ambiente en la América Latina” aún tenga vigencia (Wolfe, 1980). “En el mundo real, un esfuerzo de la capacidad popular para diferenciar entre niveles de alto y bajo consumo, significaría inevitablemente más desgaste del medio ambiente por la acelerada construcción de viviendas, el mayor uso de energía y de agua por habitante, la mayor movilidad en el espacio, mayores adquisiciones de bienes de consumo no indispensables, tanto duraderos como perecederos, y usos del tiempo libre vinculados a un mayor consumo de recursos, como los viajes de vacaciones y de fines de semana. Puede esperarse una mayor conciencia popular acerca de los límites sociales del crecimiento y de cambios graduales en los estilos de vida; sin embargo, en el mejor de los casos el proceso de ajuste será dispendioso y conflictivo, muy diferente a una visión de ‘comunidades’ que toman decisiones ecológicamente adecuadas y que controlan a los planificadores”. Para este autor, la participación ciudadana en su relación con el medio ambiente, comenzaba su difícil y conflictiva relación.

La interrogante está planteada. ¿Cómo lograr no caer en la tecnocratización de las ONG, que indudablemente tiene en la opinión pública la legitimización del tema, y cómo lograr que las organizaciones “no ambientales” consideren que el tema ambiental es importante para ellos y no se traduce en un sacrificio para sus niveles de consumo?

Es obvio que cuando se enfrenta un proyecto que atenta en contra del medio ambiente de una determinada comunidad, ésta reacciona haciendo suyos los

planteamientos ambientales que los defienden. A lo largo de las últimas décadas América Latina está llena de ejemplos de luchas ambientales con activa participación de la comunidad. Allí se producen los lógicos avances al aprovecharse los nuevos canales jurídicos presentes en las numerosas innovaciones legales que se han realizado en la región. Los éxitos o fracasos, las negociaciones, cual más cual menos, han existido y seguirán existiendo. Pero estos no son los desafíos de la actualidad.

El desafío fundamental radica en hacer participar a las sociedades nacionales en temas ambientales trascendentes que dicen relación con la modalidad de desarrollo adoptado. Se supone que la posibilidad de elegir a un determinado partido o posición política debería ser una forma de participación ciudadana. Pero con relación al medio ambiente se está muy lejos de entrever las repercusiones ambientales de una determinada plataforma política. Un desafío básico, entonces, radica en descubrir, capacitar, analizar, discutir, cuál es la posición ambiental de una plataforma política, que vaya más allá de las consabidas declaraciones elementales del necesario cuidado de la naturaleza. De esta forma la ciudadanía tendrá la oportunidad de contrastar su posición ética y política con las que le están exponiendo y podrá dirimir su voto con conocimiento.

Pero, asumiendo que se está muy lejos de llegar a tener claridad en visiones globales de desarrollo y que las decisiones a este nivel las toma la ciudadanía en función del corto plazo, habría que abordar el segundo desafío que presentan los países a través de la participación de los ciudadanos vía sus representantes legisladores. Una ley, un reglamento, una investigación parlamentaria deberían tener instituidos los canales para hacer participar activamente a la ciudadanía. Tampoco parece como probable poder enfrentar adecuadamente este desafío, pero a mediano o largo plazo, ese esfuerzo debería realizarse.

Queda entonces la utilización de lo cotidiano, de las medidas locales, de las políticas urbanas, del manejo del agua, de la localización de industrias etc. Y aquí surgen con fuerza las contradicciones entre una participación ambiental activa, de organizaciones típica-

mente ambientales y la participación de las organizaciones sociales que pugnan por un mejor nivel de vida, objetivo que muchas veces se logra a través de la creación de empleos sobre la base de emprendimientos que no necesariamente hacen una gestión ambiental adecuada.

Por ello que un desafío fundamental para subsanar esas contradicciones es asociar las inversiones, actividades y emprendimientos con un manejo adecuado del medio ambiente que los potencie, pero, sobre todo, que esté ligado a sus necesidades básicas, a la salud de la población, a su calidad de vida, a su recreación.

Este desafío indudablemente deberá ir cada vez más utilizando la fuerza de lo pobladores, y en especial de los consumidores. Las organizaciones de éstos, se debieran convertir cada vez más en la principal fuerza ciudadana que luche por el medio ambiente.

Para tener éxito en estos desafíos necesariamente tendrán que ir acompañados de los instrumentos legales, jurídicos, comerciales, financieros, sociales de participación ciudadana.

XV. La dramática coyuntura actual

En los países de América Latina persiste un notorio déficit tanto en estrategias ambientales como en la gestión ligada a ellas. Todos los países pueden, sin lugar a dudas, señalar avances legislativos, institucionales e instrumentales con relación al medio ambiente, pero, éstos evidentemente que no han sido ni cuantitativa ni cualitativamente eficaces y eficientes como para mejorar el medio ambiente de la región.

Los países de la región están luchando por crecer económicamente para dar respuesta a los numerosos problemas sociales que los aquejan. Pero esta lucha se da en el contexto de una estructura mundial dada, en donde estos países se ubican periféricamente. Además, esta inserción mundial está signada por diferentes ritmos y fuerzas de procesos políticos y sociales y, especialmente por diversos procesos económicos, varios de los cuales son controlados desde afuera. Es indiscutible que el impronete de los procesos de globalización, cual más cual menos, ha marcado a los países latinoamericanos en todas las facetas de sus desarrollos.

Uno de los pilares utilizado para revertir la baja tasa de inversión ha sido la atracción de capitales foráneos. Aquí ya la cuestión ambiental empieza a entrar en conflicto. Para superar la insuficiente inversión de la región para atraer capitales foráneos se utiliza, amén de las políticas tributarias y financieras, por una parte, el interés que pueda suscitar legislaciones ambientales laxas con relación a la explotación de los recursos naturales renovables y, por otra parte, la no internalización de costos ambientales derivados de la explotación de los recursos naturales.

El proceso de globalización ha intensificado notablemente el comercio internacional lo que se ha traducido en mayor uso de recursos naturales. Además, todos los países de la región deben hacer frente a la pesada carga de servir la deuda externa. Por estas razones es que la presión sobre el medio ambiente es cada vez más intensa, generándose serios problemas ambientales. Cada país se esfuerza por producir más

divisas lo que incide en la explotación y la sobre explotación de los recursos naturales. En algunos países que tienen en sus economías procesos importantes de industrialización, se repite la presión sobre los recursos naturales pues en América Latina, en términos generales, la estructura industrial se cimienta en la transformación de ellos.

Además, al asignarse insuficientes recursos financieros a la investigación científica, el conocimiento de los patrimonios nacionales, tanto de recursos como de atributos ecosistémicos, es incompleto y, en ocasiones, no existe. En este contexto los gobiernos ofrecen riesgadamente sus territorios a la explotación, generándose conflictos ambientales de envergadura. La mirada de largo plazo, generalmente ha estado ausente en las decisiones respecto al uso de los territorios nacionales.

La búsqueda del crecimiento económico ha tenido en la región otro pilar: el proceso de industrialización. Obviamente que este proceso ha tomado ribetes diferentes derivados de la globalización. La transnacionalización industrial presente desde hace varias décadas, se ha enriquecido de los motores que han impulsado el proceso de globalización: modalidad política signada por el neoliberalismo, proceso de transculturización y aculturización, intensa movilidad del capital, y desarrollo comunicacional, entre otros.

La atracción de inversionistas para el desarrollo industrial también ha concitado variados conflictos ambientales. En muchos países de la región la atracción se basa en considerar a la problemática ambiental como una externalidad, tanto en lo que se refiere a la adquisición de insumos materiales y energéticos, como al tratamiento de los residuos.

Para que todos estos atractores funcionen el modelo adoptado no puede presentar fisuras. Y la temática ambiental podría generar una de ellas. Es por esa razón que el sector económico de los países, los ministerios de economía y hacienda pública, así como sus instituciones especializadas, tienden a bajarle el perfil al tema ambiental. Uno de los argumentos más socorridos se basa en la adopción de los postulados de Kutznev. Su ya famosa curva establece que los

países solamente entran a preocuparse e invertir en medio ambiente sólo cuando su PIB ha alcanzado los 5.000 dólares per cápita. Pero los expertos que dan estos argumentos lo utilizan maliciosamente, pues saben muy bien que esta curva se refiere sólo a la inversión para combatir la contaminación, sin entrar a analizar la problemática del uso de los recursos naturales. Y es allí donde se producen los más complejos problemas ambientales de los países de la región.

La transitoriedad es un argumento muy utilizado, en el sentido de afirmar que el problema ambiental se presentará sólo en el lapso que va entre un estadio del crecimiento y otro con mayor nivel. En otras palabras, que el generalmente alto costo ambiental es necesario para alcanzar un nivel mayor en la economía. La falacia de este planteamiento está en basar el crecimiento económico en la fagocitosis del patrimonio natural. Podría darse perfectamente el hecho de alcanzar un nuevo nivel de desarrollo y encontrarse con mucho menos patrimonio natural, lo que hipotecaría el crecimiento futuro.

Y ello es importante destacarlo: a la región latinoamericana se le ha asignado el claro rol de proveedor de materias primas, y su inserción en la estructuración económica mundial es esa. Por ello que alcanzar otro estadio de la economía sobre la base de agotar o disminuir significativamente el patrimonio natural es sencillamente volver a perder el estadio conquistado e incluso poder acceder a otro más bajo. La historia de América Latina no está exenta de ejemplos destacados.

En este contexto se inserta la problemática ambiental. Si no se supera la visión reduccionista del sector económico, habrá que asumir que los avances serán muy limitados y muy lejos de las utopías de un desarrollo con un muy alto grado de sustentabilidad ambiental, que permita configurar un estadio donde sea posible hablar de desarrollo realmente sustentable. Y lo que pasa en América Latina está muy lejos de modificar sustancial y estructuralmente la modalidad de desarrollo prevaleciente. Al contrario mucho de los esfuerzos para sumarse a la globalización apuntan en sentido contrario.

Pero los países desarrollados, al menos en sus acuerdos comerciales, imponen ciertas demandas ambientales a los países de América Latina que podrían mejorar la gestión. Ello es una contradicción abierta, pues por una parte, las principales exigencias apuntan a disminuir los impactos ambientales que dicen relación con la actividad planetaria, pero, por otra generan dinámicas ambientales abiertamente negativas.

Parte de la agenda ambiental de algunos países se rellena con una serie de políticas y acciones de los acuerdos internacionales para, al menos en el papel, dar cumplimiento a los compromisos firmados y ratificados. En este contexto, la agenda internacional confunde y tergiversa, ya que enmarca y dirige la estrategia ambiental nacional. En la mayoría de los casos las prioridades internacionales están muy lejos de las nacionales. Lo más grave de esta situación es que en la mayoría de los países de la región el conocimiento que se tiene de los compromisos internacionales es exiguo y, en ocasiones, nulo. Da la impresión que se firman acuerdos, no por el convencimiento de la necesidad de ponerlos en práctica, sino para no tener problemas en el comercio internacional.

No se debe olvidar que el discurso ambiental ha surgido tanto en los países del norte como en los latinoamericanos como una crítica radical al sistema social. Esta crítica es tomada por los grupos que cuestionan las desigualdades sociales y los problemas derivados de los niveles de vida de las poblaciones. Por ello es que desde sus orígenes el tema ambiental es un tema politizado, y más que eso, es un tema político.

Y esto lo ubica en la esfera de los esfuerzos de dominancia y sometimiento donde la temática ambiental se la trata de encausar para que no ponga en peligro la perpetuación de las estructuras dominantes. De esta forma, desde lo macro a lo micro, la dimensión ambiental queda apresada en un tobogán que la coloca en el lugar más bajo posible para articularla a procesos de crecimiento económico en donde el medio ambiente casi no cuenta.

De esta concepción parten los principales conflictos ambientales nacionales. Ningún gobierno de la región, ha puesto el tema ambiental como una dimen-

sión prioritaria que innove substancialmente el sistema político adoptado. Si aparece importante en algún discurso es por que el tema los adorna muy bien, nada más. Nadie deja a un lado, sobre todo si es usado como una táctica que evade problemas de hoy día, hablar de las responsabilidades y de la calidad de vida de las futuras generaciones. Nadie sabe tampoco por qué los que así hablan se arrojan la voz de los que aún no nacen.

Más aún, para la gran mayoría de los gobiernos la temática ambiental es un freno, o al menos una molestia, para el crecimiento económico. Y no podía ser de otra manera dado que para estructurar los planteamientos estratégicos y programáticos de un gobierno, si la temática ambiental está al margen de sus fundamentos ideológicos, la incorporación de ésta sólo podría ser resuelta sobre la base de la percepción del estado de ese tema en la conciencia colectiva.

Y en los países de la región la conciencia ambiental está muy lejos de erigirse como un factor de fuerza política de cierto grado de importancia. Desafortunadamente este importante tema no ha sido preocupación prioritaria de cientistas políticos y sociólogos. Se podría afirmar que, en un porcentaje significativo de la población de cada país la conciencia colectiva es totalmente difusa con relación al tema. Esta conciencia difusa o dispersa corresponde a un tipo que conciencia que se refiere no sólo a las formas vivenciales de la conciencia individual, sino a determinadas formas de conciencia colectiva relacionadas con problemas concretos, que aún siendo ambientales, no son considerados como tales. Ello evidentemente influye en la dispersión de rodos estos problemas sin que constituyan una demanda ambiental integrada.

Aunque esta conciencia dispersa está presente en los países de la región, es importante destacar que ella convive con otras formas de conciencias que han ido surgiendo en la medida que evoluciona el tema. No obstante estar presente desde hace mucho tiempo atrás, sólo en las últimas tres o cuatro décadas se ha manifestado incipientemente un tipo de conciencia denominada crítica. Es de origen intelectual, y por ende, apunta a la teorización de los procesos ambientales que viven los países de la región.

Ahora bien, es necesario aclarar ciertas confusiones en torno a este tipo de conciencia. En primer lugar, se tiende a confundir la discusión científica y técnica sobre el estado del medio ambiente con la conciencia crítica. En realidad este autor entiende por conciencia crítica el cuestionamiento, basado en argumentos ideológicos y científicos, de la modalidad de desarrollo prevaleciente que margina la dimensión ambiental.

La conciencia crítica se origina normalmente en grupos intelectuales relacionados con estudios de la apropiación de la naturaleza y de las relaciones técnicas y sociales puestas en práctica y de sus impactos en el mundo físico. Estos grupos deben realizar esfuerzos epistemológicos que configuren enfoques interdisciplinarios en la temática ambiental, para integrar en sus análisis los enfoques provenientes de las ciencias sociales, políticas antropológica y naturales junto con ingenierías.

Por otra parte, los aportes de científicos provenientes de las ciencias naturales influyen en la formación sólo de una conciencia crítica predominantemente físico-ecológica. Son sus dimensiones científicas las que sirven para mostrar el estado de los bienes de la naturaleza y del comportamiento sistémico de ellos. Y esta situación lleva a tropiezos muy serios para incorporar la dimensión ambiental en el desarrollo, pues las limitaciones expuestas por formación, en el sentido de no privilegia el estudio del comportamiento de la sociedad, tiende, en consecuencia, a dejar en las sombras las causas éticas, filosóficas y políticas de la situación ambiental, reduciéndola sólo a explicaciones físico-ecológicas. Por lo general hay una tendencia a centrar en este tipo de personas la responsabilidad de abordar los problemas ambientales, o sea de interpretar los conflictos y armonías de la sociedad y su entorno. Algunos de los científicos que incorporan consideraciones sociales, pierden peso entre sus pares debido a que incursionan en temas menos precisos, o, para sus críticos, “menos científicos”. La desagregación reduccionistas de las ciencias ha sido un real freno para abordar con profundidad la temática ambiental y avanzar en la expansión de la conciencia crítica.

Por estas razones es que la real y holística conciencia crítica sólo ha sido alcanzada por muy limitados grupos de las sociedades latinoamericanas. Prevalecen por lo general grupos y personas que poseen una conciencia crítica sólo en función de la expresión físico-ecológica, que como se expondrá a continuación, puede fácilmente derivar a una conciencia tecnocrática.

La rápida irrupción de la temática ambiental en América Latina ha hecho que se salten etapas en la evolución de los tipos de conciencia. No cabe la menor duda que la predominancia de los enfoques físico-ecológicos ha hecho derivar a la formación de la conciencia tecnocrática, que tiende a predominar en América Latina.

Es obvio que la conciencia crítica tiende a relevar el problema del poder político. Y es este mismo poder político que al verse amenazado mueve sus fuerzas para apropiarse del discurso ambiental subyugándolo. Y para ello utiliza al Estado, no sólo en su manejo del discurso político, sino en función de la creación de los instrumentos de control, derivando las inquietudes ambientales hacia la intronización de una generalizada conciencia tecnocrática.

Ningún país de América Latina ha hecho un cambio profundo de sus modalidades de desarrollo que signifique un cambio radical con relación a la sustentabilidad ambiental. Al contrario, tal como se planteó anteriormente, el tema ambiental molesta y es un personaje no convidado al festín del crecimiento económico, que hay que tolerarlo por haberse colado al salón de festejos a través de una ventana. En este contexto, las estrategias y políticas delineadas y puestas en prácticas por los gobiernos deberían ser coherentes y “someter y manipular” el problema ambiental, lo que incidiría en ubicar a este posicionamiento muy lejos de los planteamientos de quienes sustentan posturas derivadas de una conciencia crítica real.

Y así sucede, cual más o cual menos, no como resultado de la aplicación de estrategias y políticas explícitamente elucubradas, sino como resultado de otras estrategias y políticas no ambientales dispersas en distintos ámbitos del Estado, y derivadas del juego de

fuerzas políticas, donde el medio ambiente tiene una muy secundaria prioridad. Y en este juego de fuerzas priman las presiones que, por una parte, hace el sector productivo para evitar las restricciones ambientales y aceptar sólo la implementación de medidas ambientales que tengan rédito económico, y, por otra parte, y generalmente en concomitancia con los primeros, los gobiernos, que tratan de ejercer el control burocrático a través de la aplicación de las leyes y el manejo institucional público.

¿Cómo el sistema va cooptando la dimensión ambiental? ¿Cuáles son las armas que se usan? ¿Porqué las ONG ambientalistas no tienen el peso que tiempo atrás se pensaba que iban a poseer? La respuesta, aunque tiene matices diferentes de país a país, puede generalizarse para toda la región en función de las características estructurales y políticas de la modalidad de desarrollo prevaleciente de los últimos dos decenios.

Al no configurarse una conciencia crítica sólida e influyente, y sólo considerar la temática ambiental en forma de conciencia difusa, tal como se planteó anteriormente, el tema ambiental no se ha convertido en un sujeto político por excelencia. Ello aleja la posibilidad de una posición ciudadana activa y homogénea en la demanda ambiental.

Las fuerzas políticas interesadas en evitar al máximo una demanda ambiental usan el gobierno de turno para frenar el crecimiento de esta demanda, o, si políticamente éste no es afín, lo chantajejan amenazando frenar las inversiones. Por lo general, los gobiernos de la región con poca o nula sensibilidad ambiental, estructuran contubernios que dan como resultado el manipuleo y la reducción de la temática ambiental.

Para lograrlo se ha potenciado una herramienta que ha tomado mucha fuerza en los últimos años, que es la utilización del aparato tecnoburocrático cimentado en el proceso de creación de conciencia tecnocrática. Y ello no ha sido difícil ya que los principales grupos críticos a la situación ambiental de los países han sido los que poseían una conciencia crítica predominantemente físico-ecológica. De ésta a la conciencia tecnocrática hay sólo un paso.

En este contexto el discurso se ha hecho cada vez más tecnificado, complejo y difícil de digerir, lo que lo ha hecho distanciarse notoriamente de la población. Ésta es sólo sensible a problemas que le atañen directamente en su calidad de vida, pero no lo es cuando la tecnocracia le sumerge en densas discusiones científicas y técnicas sobre indicadores cuantitativos de la situación ambiental. Visto de otra manera, la población es sensible si, por ejemplo la contaminación del aire le produce asma, pero poco le importa una discusión sobre la conveniencia de utilizar las mediciones del PM 10 o el PM 2,5.

Y para allá ha ido el manipuleo del tema ambiental. La tecnoburocracia, comandada generalmente desde el Estado, en concordancia con sectores empresariales y con especialistas en evaluaciones y certificaciones ambientales, asume el problema ambiental, poniéndoles las riendas, pero también compartiendo con la población en la medida que ésta demanda algún grado de participación. Pero esta participación se hace controladamente, en temas poco conflictivos y donde se visualice un grado mayor de sensibilidad ambiental ciudadana.

En este contexto, las ONG se debaten en indefiniciones casi sin salida que les hacen perder presencia. Por una parte, si se involucran plenamente con los clamores populares, si constituyen una fuerza de opinión pública, se tienen que conformar con ser una ONG dentro del universo de organizaciones sociales, sin peso ambiental en el mundo de las decisiones. Por otra parte, si se definen incorporando facetas técnicas y científicas y se “convierten” en organismos que manejen el lenguaje acorde con esta posición, se separan de la opinión ciudadana, haciéndose generalmente parte del mundo “especializado”, pero con el lastre de origen que no les permite tener el reconocimiento pleno de sus nuevos conocimientos.

La masificación de las ONG ambientalistas, que se preveía hace un cuarto de siglo, no se ha producido; al contrario, en muchos países de la región se han

reducido cuantitativamente tanto en organizaciones como en adherentes. Es posible que se exceptúen algunas ligadas a movimientos internacionales que han crecido como producto del impacto de la penetración de órganos de difusión masiva como la televisión, que ha podido sensibilizar a la población, generalmente joven, de la problemática ambiental ligada a la defensa de la naturaleza salvaje.

Por estas razones es que el punto de inflexión que enfrentan las ONG actuales es demasiado importante para el futuro ambiental. Deben contribuir a pasar de una conciencia difusa a una demanda ambiental basada en una conciencia realmente crítica, sin caer en la tecnocratización, pero dominando las ciencias y las técnicas involucradas.

La baja presencia de una conciencia crítica ambiental en la sociedad ha repercutido para que el medio ambiente no emerja con fuerza política ni se constituya en un sujeto político de importancia. Ello ha incidido en que las fuerzas políticas predominantes, cual más cual menos, hayan elaborado leyes, que, aunque constituyen avances, están bastante lejos de constituir en elementos tácticos para el progreso ambiental.

Todos los países de América Latina han innovado con relación a la legislación ambiental, pero siempre aplicando ciertos principios que permitiesen a los estratos del poder económico y político no innovar sustantivamente como para desestabilizarlos. No cabe la menor duda que el principio de la gradualidad fue hábilmente utilizado para estos fines. Se unieron a éste las complejizaciones derivadas de las cuantificaciones tecnoburocráticas para dar como resultado legislaciones permisivas, laxas y poco eficaces, pero hábilmente articuladas a los modelos de crecimiento económico.

Hubo distintas materializaciones de la nueva legislación ambiental, variando desde países con códigos sobre medio ambiente y recursos naturales, hasta instrumentos jurídicos dispersos en las legislaciones

nacionales. Prácticamente todos los países de la región introdujeron legislaciones para la creación de sistemas de evaluación de impacto ambiental, amén de asentar las bases para la aplicación de normativas ambientales. Lo más interesante de este análisis es destacar que, casi al margen de todas esas innovaciones y progresos, las tasas de deterioro del medio ambiente son similares en todos los países, lo que demuestra que las condicionantes políticas y socio económicas son las que definen la situación ambiental.

Coherente con la situación jurídica se crearon y recrearon estructuras institucionales públicas y sistemas institucionales ambientales acordes con la necesidad de manejar el tema en la forma antes planteada. En la década de los setenta y de los ochenta se crearon variados sistemas e instituciones ambientales expresadas en ministerios y en comisiones.

La creación de ministerios obedeció a la necesidad de jerarquizar el tema para darle un estatus que lo ponga al mismo nivel de otras temáticas que tenían respaldo ministeriales. Las veces que estos ministerios se expresaron contestatariamente, fueron rápidamente acallados y reducidos. La experiencia de la región ha sido clara: ante problemas derivados de la superposición de competencias entre un ministerio del medio ambiente y otro, casi siempre se dirimió el conflicto en contra del medio ambiente. Fue evidente la pobreza de los ministerios ambientales con financiamientos precarios y con dotación muy limitada de recursos humanos. En todo caso, si alguien pensó que estos ministerios iban a ser la simiente del progreso en la sustentabilidad ambiental del desarrollo de los países, se equivocó rotundamente. Casi siempre los directivos y cuerpos técnicos se limitaron a hacer lo que les permitían en la estrechez financiera y sobre todo, la voluntad política de los gobernantes.

Más patética fue la situación creada con las comisiones de medio ambiente. En general el argumento para crear la comisión se basó en el hecho de que el medio ambiente es una dimensión transversal que corta to-

dos los sectores de la economía. Pero una comisión jerárquicamente menor que un ministerio no tiene la capacidad de convocatoria ni la autoridad para coordinar ministerios. Y así sucedió en la región. Por ello, las comisiones se constituyeron en entes especializados en temas específicos como evaluaciones de impacto ambiental, programas especializados como combate a la desertificación, manejo técnico de convenios internacionales etc.

La tendencia del poder político en los últimos años, siguiendo la moda imperante, ha sido especializar las instancias institucionales públicas de tal modo de separarlos de los movimientos ciudadanos, para que no puedan cumplir ningún rol contestatario y de denuncia. Aún el día de hoy las organizaciones no gubernamentales reclaman este rol de la institucionalidad pública, sin entender que nunca se les permitirá ejercerlo.

Por estas razones que para avanzar en el tema será necesario enriquecer la conciencia crítica de la población para convertir el tema ambiental en un sujeto político que se incorpore en forma importante en los planes de gobierno. Avanzar significará ayudar a que las fuerzas sociales tengan expresión ambiental y, en consecuencia, formar nuevas instancias legales como juzgados ambientales ciudadanos, fiscalías, formas participativas etc.

Para avanzar habrá que innovar la educación ambiental mejorándola en todos los niveles y en sus expresiones formales e informales. Es evidente que el mejoramiento de la educación deberá ir unida a la cuestión de los niveles y tipos de conciencia, para llegar definitivamente a expresiones políticas coherentes con los nuevos niveles y tipos alcanzados.

Los organismos internacionales, además de contribuir a enriquecer el conocimiento del patrimonio natural, de enfrentar problemas ambientales que amenazan el futuro de la humanidad, tienen el desafío de hacer crecer la conciencia crítica de las sociedades

latinoamericanas, de hacer resaltar las contradicciones.

Ecobilan d'agents énergétiques: Évaluation écologique de biocarburants (rapport final)

Rainer Zah, Heinz Böni,
Marcel Gauch, Roland Hischier,
Martin Lehmann, Patrick Wäger*

Résumé

Cette étude est consacrée à l'évaluation des effets sur l'environnement de l'ensemble de la chaîne de production des carburants produits à partir de biomasse utilisés en Suisse. Elle fournit d'une part une analyse orientée vers l'action des effets possibles des biocarburants sur l'environnement et elle établit d'autre part un écobilan global des différents biocarburants qui peut être utilisé comme base pour la détermination de leur exemption de l'impôt sur les huiles minérales. Les résultats de cette étude montrent que la promotion des biocarburants doit s'effectuer de manière différenciée. Tous les biocarburants ne conduisent pas intrinsèquement à une réduction des effets sur l'environnement par comparaison avec les carburants fossiles. Parmi les filières de production, c'est actuellement la valorisation des déchets biogènes. Le potentiel de la bioénergie indigène est actuellement limité et le restera aussi dans l'avenir, la bioénergie ne permettra pas à elle seule de résoudre nos problèmes d'énergie. Mais si l'on transforme de manière efficace et écologique en énergie la biomasse disponible et que l'on réduit simultanément la consommation en augmentant l'efficacité énergétique, ces supports énergétiques de remplacement peuvent, en association avec d'autres formes d'énergie renouvelables, jouer un rôle non négligeable dans notre approvisionnement futur en énergie.

Document de synthèse

La raréfaction des sources d'énergie fossiles et la question du réchauffement climatique ont cristallisé l'attention de l'opinion publique suisse et des représentants de l'industrie autour de l'utilisation des sources d'énergie renouvelables. A l'heure actuelle, les carburants produits à partir de biomasse, également connus sous le nom de biocarburants, constituent la source d'énergie renouvelable la plus répandue et peuvent, tout au moins à court et moyen terme, contribuer à réduire les émissions de gaz à effet de serre et notre dépendance face aux énergies fossiles.

Sensible à cette situation, la Suisse compte bientôt prendre des décisions politiques importantes afin de proposer des exonérations fiscales pour l'utilisation de carburants renouvelables plutôt que le diesel ou l'essence.

Bien que les biocarburants soient issus de matières premières renouvelables, leur culture et leur transformation peuvent causer toute une série d'atteintes à l'environnement, allant de la surfertilisation et de l'acidification du sol agricole, à la perte de la diversité des espèces du fait du brûlis des forêts pluviales. En outre, le développement de la production énergétique agricole est en concurrence avec d'autres for-

mes d'utilisation du sol, telles que la production de denrées alimentaires ou la conservation de zones naturelles. On ne peut donc procéder dresser un écobilan global des biocarburants avec pour seuls indicateurs l'efficacité énergétique et les réductions des gaz à effets de serre.

La présente étude est consacrée à l'évaluation des effets sur l'environnement de l'ensemble de la chaîne de production des carburants produits à partir de biomasse utilisés en Suisse. Elle fournit d'une part une analyse orientée vers l'action des effets possibles des biocarburants sur l'environnement et elle établit d'autre part un écobilan global des différents biocarburants qui peut être utilisé comme base pour la détermination de leur exemption de l'impôt sur les huiles minérales. Par ailleurs, elle compare aussi les effets de l'utilisation des carburants avec ceux d'autres formes de l'utilisation des bioénergies telles que l'électricité et la chaleur.

Méthodologie

Afin de pouvoir évaluer le plus précisément possible les incidences des biocarburants sur l'environnement, nous avons utilisé la méthode de l'écobilan. Nous avons donc étudié simultanément la quantité d'énergie et de ressources nécessaires à la réalisation d'un

exercice défini (par exemple, remplir un réservoir d'1 MJ d'énergie dans une pompe à essence suisse) et les rejets d'émissions de substances nocives qui y sont liés. Les données nécessaires à l'étude ont été collectées dans le cadre d'un projet préalable puis complétées par des informations supplémentaires issues de la banque de données suisse d'inventaires environnementaux (ecoinvent 1.3). D'une part, nous avons déterminé les effets sur l'environnement à l'aide d'indicateurs orientés vers l'action qui décrivent les incidences environnementales immédiates et qui permettent d'élaborer des mesures potentielles. D'autre part, nous avons dressé un écobilan global, en pondérant et en agrégeant les effets des diverses substances nocives afin d'en évaluer les effets combinés sur l'environnement (voir schéma 1). Il faut noter que les méthodes d'évaluation agrégées (ici MSE 06 et eco indicator 99) précèdent la pondération des différentes

incidences environnementales (par exemple, les gaz à effet de serre par rapport à la surfertilisation). Pour le choix d'une politique, il est donc essentiel de ne pas se fonder uniquement sur la présente étude, mais de tenir compte également, au cas par cas, des indicateurs individuels fondamentaux orientés vers l'action.

Nous avons comparé les sources d'énergie renouvelables produites en Suisse et à l'étranger en nous limitant à celles utilisées dans la Confédération. L'évaluation suit tout le cycle de vie (elle va «du berceau au cercueil»): toutes les incidences environnementales pertinentes, depuis l'exploitation de la biomasse au rejet de déchets biogènes en passant par l'utilisation énergétique, ont ainsi été considérées. Nous avons choisi l'année de référence 2004, tout en intégrant le cas échéant des données plus anciennes ou plus récentes.

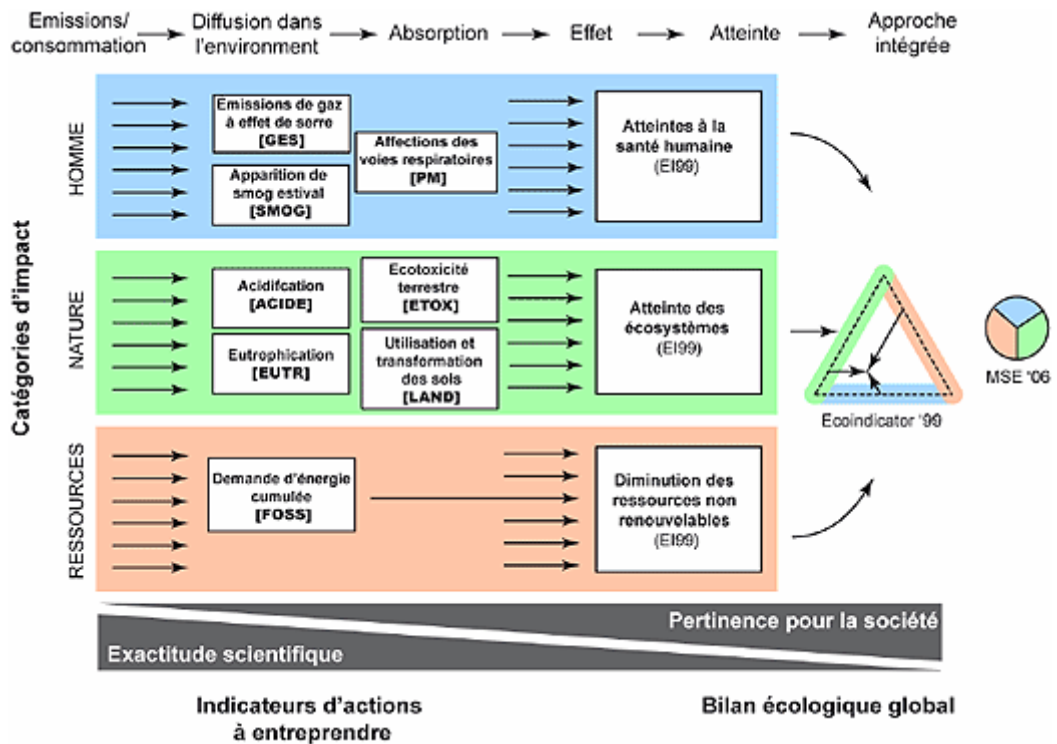


Illustration 1. Schéma des indicateurs environnementaux utilisés dans la présente étude au fil de la diffusion et des effets.

Pour les matières premières renouvelables, il est essentiel de considérer l'existence des sous-produits: lors de la fabrication de certains biocarburants visés par la présente étude, des produits dérivés peuvent en effet être créés. Il faut donc ventiler les conséquences environnementales entre les différents éléments. Ainsi, les intrants en matière première et les incidences sur l'environnement de la pression du colza doivent être répartis entre huile de colza et tourteau de colza. Lors des précédents recueils de données, cette répartition s'opérait généralement à l'aune de critères économiques: les émissions étaient donc distribuées par produit, selon leur part dans le revenu total.

Limites de nos travaux

La méthode choisie autorise une comparaison globale des sources de bioénergie tout au long de la chaîne de production. Pourtant, l'interprétation de ces résultats se heurte encore à certaines limites:

- La méthode de l'écobilan analyse les conséquences environnementales des flux de matières premières et d'utilisation d'énergie. Aucune interprétation portant sur les facteurs économiques, comme les coûts, ou sociaux, comme le travail des enfants, ne peut cependant être formulée.
- Bien que la méthode de l'écobilan soit très complète, certaines incidences sur l'environnement ne sont pas envisagées, ou seulement partiellement. Ainsi, les conséquences de l'utilisation de l'eau ne sont pas évaluées, car largement dépendantes des conditions locales (niveau des précipitations et des nappes phréatiques etc.). L'évaluation des pertes en biodiversité reste également encore parcellaire car les données manquent, notamment pour les écosystèmes tropicaux.
- Dans le cadre de la démarche choisie, l'écobilan, seuls sont étudiés les effets environnementaux primaires de la chaîne de production: la consommation énergétique et l'émission de substances nocives lors de la culture du colza destiné à la production d'énergie par exemple.

Les incidences secondaires ne sont en revanche pas envisagées. (Auparavant, les surfaces exploitées pour ce type de colza servaient à la production de denrées alimentaires qui doivent désormais être importées. Cela induit naturellement une recrudescence des transports et de fait, davantage d'effets nocifs sur l'environnement).

- Pour la biomasse provenant de cultures (céréales, pommes de terre, etc.), il n'est pas opéré de distinction entre les excédents de récoltes et la biomasse cultivée à des fins de production de carburant. Il n'est pas distingué non plus si les surfaces cultivées l'étaient déjà ou si elles étaient auparavant à l'abandon ou en jachère, il n'est donc pas tenu compte non plus des effets également différents sur l'environnement d'un changement possible d'affectation des sols.
- Les résultats présentés reposent essentiellement sur les chaînes de processus existantes (données de 2004), sans projections du futur. Des perspectives quant à l'évolution future sont fournies par les analyses de sensibilité et les potentiels d'optimisation, une approche qui tient compte de la méthode ici utilisée.
- Les résultats de la présente analyse demandent un réexamen ultérieur, car ils ne sont pas «gravés dans la pierre»; de nombreuses allocations sont en effet calculées à partir de chiffres de vente, qui reflètent la dynamique des marchés.
- Les chaînes de processus analysées ne constituent qu'une partie de tous les processus de fabrication; il serait possible d'en analyser de nombreuses autres. Les chaînes ont été sélectionnées pour leur pertinence pour la situation du moment en Suisse.
- Les données sur lesquels se fonde le présent rapport sont des moyennes des pays et zones de production (Suisse, Europe, Brésil, États-Unis, etc.); elles s'appliquent à toute la Suisse pour ce qui est de l'utilisation. Il n'est donc pas possible d'appliquer tels quels les résultats à des régions ou des exploitations déterminées. Les effets sur l'environnement d'une

situation ou d'une exploitation données peuvent en effet s'écarter fortement de la moyenne.

- La présente étude exclut la question des conséquences d'un passage aux carburants renouvelables, sur l'environnement par exemple, dans le cas de cultures intensives à des fins de production d'énergie qui entraîneraient une intensification de la production agricole, ainsi que celle d'un rebond. Un tel rebond pourrait prendre la forme d'une augmentation de la consommation des carburants après le

lancement de biocarburants, car les consommateurs, qui pourraient considérer ceux-ci comme respectueux de l'environnement, ne verraient pas de problème à en consommer plus.

Où se situent les atteintes à l'environnement le long de la chaîne de production de valeur?

L'Illustration 2 présente la répartition des émissions de gaz à effet de serre le long de différentes filières

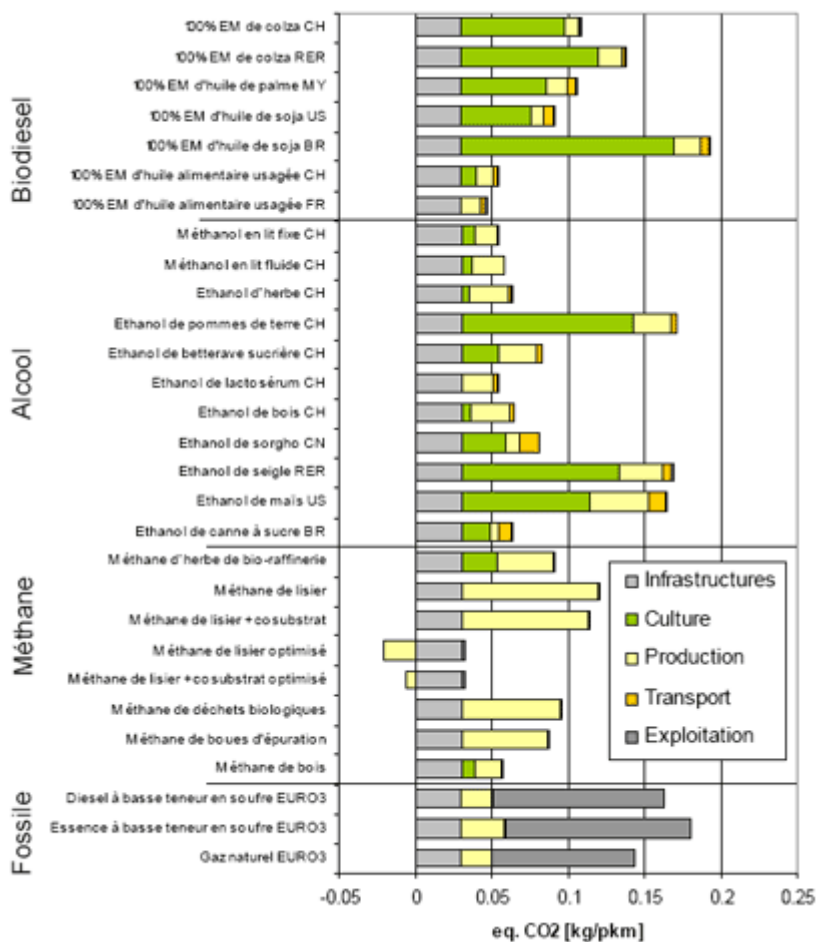


Illustration 2. Comparaison des gaz à effet de serre émis par les biocarburants et par les carburants fossiles (essence et diesel, EURO 3).

de production de bioéthanol, de biodiesel, de méthanol et de méthane. Il apparaît ainsi que des économies allant jusqu'à 80 % sont possibles par rapport aux carburants fossiles selon le biocarburant et la filière de production. Mais de grandes différences sont possibles le long de celle-ci, en effet:

- La majorité des gaz à effet de serre sont émis par l'agriculture (Illustration 2, vert): utilisation de machines, de fertilisants et/ou de pesticides, mais aussi émissions directes (oxyde azoteux par exemple). Mais la proportion de ces émissions agricoles varie fortement en fonction de différents facteurs. Les principaux sont les rendements par surfaces (élevés pour la betterave sucrière CH et la canne à sucre BR, faible pour la pomme de terre CH et le seigle RER), l'utilisation d'oxyde azoteux (dont les émissions comptent pour 30 % des émissions pour le maïs US) et le défrichage par brûlis de forêt pluviale (concerne l'huile de palme MY et l'huile de soja BR). Les différences constatées d'une région à l'autre en ce qui concerne l'intensité de la déforestation de la forêt pluviale peuvent influencer sur le bilan global. Mais le facteur essentiel est le mode de culture des plantes destinées à des fins énergétiques. La remarque vaut non seulement pour les gaz à effet de serre émis, mais aussi pour la plupart des effets sur l'environnement des biocarburants. A la différence des produits agricoles, les déchets, résidus et sous-produits ne consomment aucune énergie pour être produits, ce qui a un effet très positif sur le bilan global. Ainsi, les émissions de gaz à effet de serre les plus faibles sont celles produites par la consommation de biodiesel fabriqué avec des huiles comestibles usagées ou du méthane provenant de la fermentation.
- La production de carburants (Illustration 2, jaune) induit en moyenne des émissions de gaz à effet de serre nettement inférieures à celles occasionnées par la production agricole. Ces émissions sont particulièrement faibles pour l'extraction d'huile et l'estérification destinées à la fabrication de biodiesel. Elles

sont très variables lors de la fermentation de bioéthanol, selon que les agents énergétiques utilisés sont d'origine fossile (bioéthanol issu du maïs, US) ou qu'ils sont des sous-produits agricoles (bagasse issue de la canne à sucre, BR). Elles sont les plus élevées dans le processus de production du méthane biogène, en raison du méthane et de l'oxyde azoteux qui résultent de la fermentation secondaire des résidus fermentés et de la perte de méthane que comporte la fabrication de biogaz à un volume de 96 % de méthane. Mais l'Illustration 2 montre aussi qu'il est possible de diminuer fortement ces émissions par des mesures ciblées, par exemple en couvrant les contenants dans lesquels la fermentation secondaire se produit. Cette couverture est techniquement au point en 2007 déjà.

- Le plus souvent, le transport de carburant (Illustration 2, orange) du pays producteur aux stations-service suisses équivaut à bien moins que 10 % du total des émissions. Son rôle en termes d'incidence écologique n'est donc guère significatif, pour autant qu'il soit fait par bateau-citerne ou pipeline.
- L'utilisation du véhicule (Illustration 2, gris foncé) est neutre du point de vue CO₂ pour ce qui est la présente comparaison des biocarburants. En effet, le CO₂ libéré par la croissance des plantes a été absorbé sur une brève période.
- La construction et l'entretien des routes et des véhicules (Illustration 2, gris clair) sont également intégrées dans la présente étude, avec un véhicule et une utilisation annuelle identiques pour tous les cas, et donc une proportion identique elle aussi. La proportion de ces émissions peut dépasser la moitié du total des gaz émis par les carburants alternatifs très efficaces comme le biodiesel résultat d'huiles usagées, de bioéthanol de canne à sucre ou de méthane de lisier.

Illustration 3 présente la charge totale qui pèse sur l'environnement, telle qu'elle résulte des calculs faits selon la méthode de la saturation écologique (MSE)

06). Si les effets sur l'environnement de l'utilisation d'un véhicule (gris foncé) restent bien plus importants avec un carburant fossile qu'avec un biocarburant, les charges parfois très lourdes que la production agricole fait peser sur l'environnement peuvent compenser les effets dus à l'utilisation. Ces charges sont essentiellement, dans l'agriculture suisse ou européenne, l'acidification des sols et la surfertilisation; dans l'agriculture tropicale, ce sont la diminution de la biodiversité, la pollution atmosphérique due au défrichage par brûlis et la toxicité de pesticides – dont certains sont interdits en Suisse. La très

lourde incidence environnementale de l'utilisation de pommes de terre suisses s'explique par la forte pondération de la perte de substances nutritives, celle du seigle européen par le faible rendement de cette céréale en moyenne européenne.

Faut-il importer les biocarburants?

Qu'elle soit mesurée à l'aune des émissions de gaz à effet de serre (Illustration 2) ou de la charge environ-



Illustration 3. Comparaison de la charge environnementale agrégée (méthode de la saturation écologique (MSE 06) des biocarburants et des carburants fossiles (essence et diesel, EURO 3), ventilée selon les différents processus qui interviennent le long de la chaîne de production.

nementale globale (Illustration 3), la part de la charge environnementale due au transport des biocarburants -depuis les pays d'outre-mer jusqu'aux stations-service suisses- est faible, et certains biocarburants, le bioéthanol issu de canne à sucre brésilienne notamment, présentent des évaluations aussi bonnes que les meilleurs résultats des biocarburants du pays. La raison en est que les moyens de transport utilisés, comme les bateaux-citernes et les pipelines, sont choisis pour être peu gourmands en énergie et pour leurs faibles émissions polluantes.

On est néanmoins en droit de s'interroger sur la pertinence à long terme de grandes importations de biocarburants. D'abord parce que ceux-ci pourraient être utilisés dans les pays où ils sont produits, pour y limiter la dépendance aux importations de pétrole, ensuite parce que la forte demande induit une extension rapide des surfaces cultivées pour les produire. Cette augmentation provoque à son tour une hausse des prix de l'alimentation et d'une pression accrue sur les forêts pluviales. Or dès lors qu'il y a défrichement par brûlis, le bilan de l'émission des gaz à effet de serre tout comme l'écobilan global se dégradent fortement, ce qui remet en question l'importation.

Quels sont les biocarburants les moins nuisibles à l'environnement?

Une évaluation environnementale intégrée consiste à synthétiser au mieux une série de différents indicateurs environnementaux. Pour ce faire, il faut effectuer des évaluations. Le but premier d'une défiscalisation des biocarburants est l'exploitation de leur potentiel de réduction de l'émission des gaz à effet de serre. Aussi la première exigence environnementale posée à un allègement de la charge fiscale des carburants est-elle la réduction du volume des gaz à effet de serre émis. Voici les seuils utilisés pour la présente étude:

- Diminution de 30 % au moins des gaz à effet de serre émis par rapport aux produits fossiles de référence (essence, EURO3)

Mais cette réduction de gaz émis ne doit pas se faire aux dépens d'autres atteintes environnementales, qui peuvent être diverses dans le cas des biocarburants. Aussi une autre exigence importante de l'évaluation environnementale globale consiste-t-elle dans le critère suivant:

- Pas d'augmentation des charges environnementales d'autres facteurs pertinents par rapport aux produits fossiles de référence (essence, EURO3)

Le résultat de l'application de ces deux critères apparaît à l'illustration 4 (voir ci-dessous), dans l'écobilan de la présente étude: treize biocarburants entraînent une réduction de plus de moitié des gaz à effet de serre, dont cinq sont produits à partir de déchets. Les diminutions les plus importantes sont celles des biocarburants issus du lisier. Voici les autres carburants qui entraînent une réduction de plus de moitié des gaz à effet de serre: le biodiesel issu d'huiles comestibles, le méthanol et le méthane issus du bois et le bioéthanol issu soit de biomasse du pays (herbe, bois, betterave sucrière, lactosérum), soit de canne à sucre brésilienne, soit de sorgho chinois. Neuf carburants (dont quatre issus de déchets) permettent une réduction de 30 % des gaz à effet de serre. Ce sont notamment le biodiesel fabriqué à partir de divers produits agricoles (huile de soja US, huile de palme MY, huile de colza CH) et la fermentation de méthane biogène de divers déchets. Cinq carburants alternatifs enfin dégagent des gaz dans une proportion qui est inférieure de moins de 30 % à celle des carburants fossiles, voire, pour le biodiesel au soja brésilien, dans une proportion légèrement supérieure à celle de l'essence.

Les émissions de gaz à effet de serre sont corrélées avec la demande d'énergie cumulée mais non avec les autres indicateurs environnementaux: pour ce qui est du potentiel de smog estival (SMOG), les solutions tropicales présentent des valeurs élevées, notamment parce que les surfaces agricoles sont issues du défrichement par brûlis, ou – dans le cas du bioéthanol issu de canne à sucre – parce que les feuilles

(Continúa en la página 41)

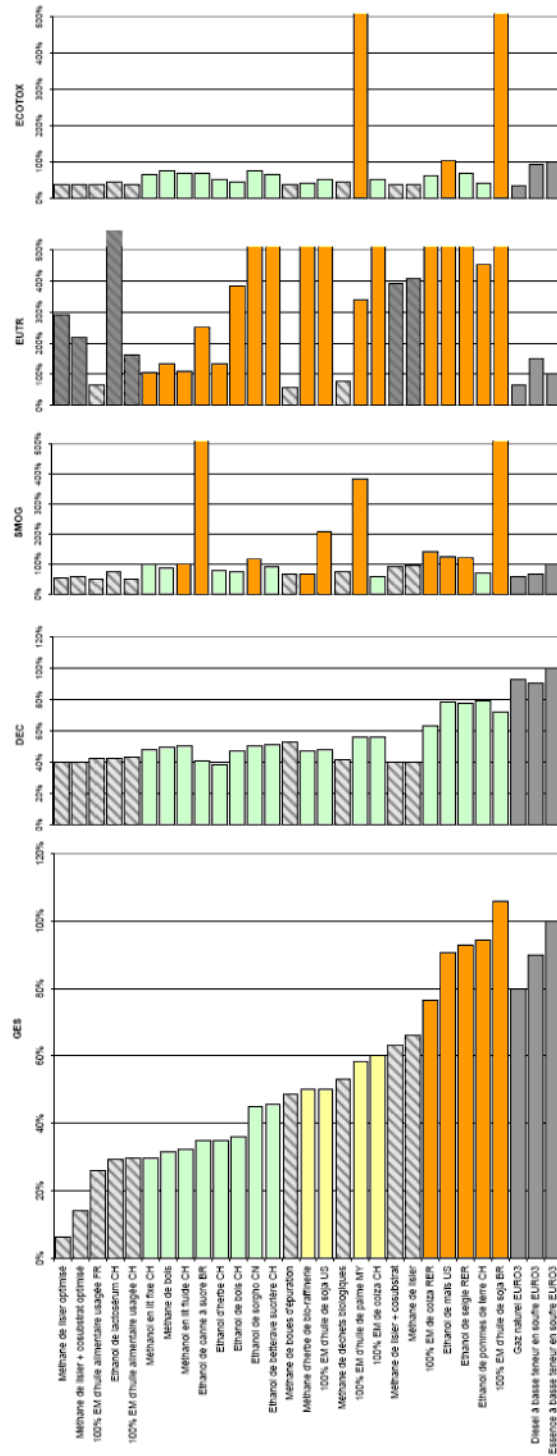


Illustration 4 Ecobilan général de tous les carburants non mélangés considérés par rapport aux carburants fossiles de référence. Abréviations: CCE = consommation cumulée d'énergie, SMOG = potentiel de smog estival, EUTR = surfertilisation, ECOTOX = écotoxicité. La référence (= 100 %) est l'essence EURO3. Les carburants, listés sur la gauche, sont rangés selon leurs émissions de gaz à effet de serre. Les émissions inférieures de gaz à effet de serre. Les émissions inférieures de plus de 50 % à celles de l'essence sont indiquées en vert; celles qui sont comprises entre 30 % et 50 % de celles de l'essence sont en jaune; celles, enfin, qui sont inférieures de moins de 30 % à celles de l'essence sont en rouge. Dans les autres diagrammes, les significations sont les suivantes: vert = mieux que la référence; rouge = moins bien que la référence; rayures = filières qui utilisent des résidus ou des déchets.

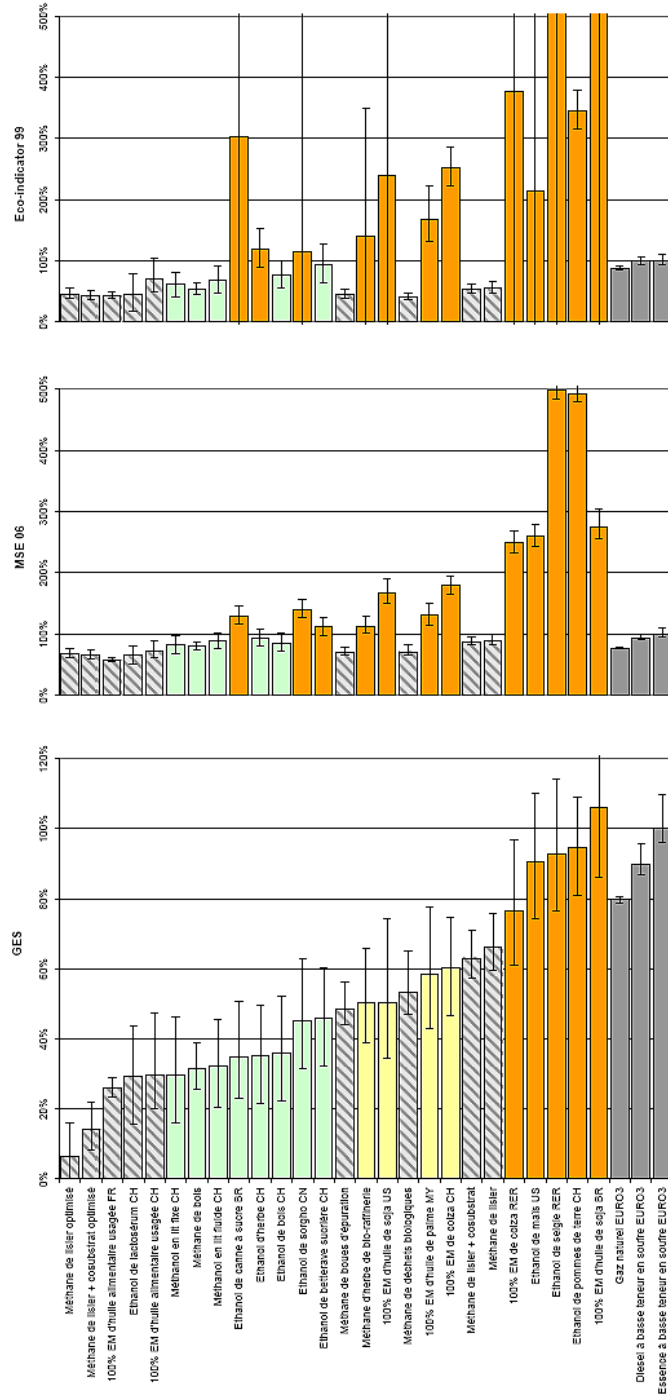


Illustration 5 Ecobilan général de tous les carburants non mélangés considérés par rapport aux carburants fossiles de référence. Les émissions de gaz à effet de serre inférieures de plus de 30 % à celles de l'essence sont en jaune; celles qui sont inférieures de moins de 30 % à celles de l'essence sont en rouge. Dans les autres diagrammes, les significations sont les suivantes: vert = mieux que la référence; rouge = moins bien que la référence; rayures = filières qui utilisent des résidus ou des déchets. Simple trait = marge de 2,5 % sur 97,5 % qui résulte de la simulation Monte Carlo.

(Viene de la página 38)

sèches sont brûlées avant récolte. Il n'est guère surprenant de constater que la fertilisation excessive (EUTR) joue un rôle plus important dans les processus agricoles que dans les carburants fossiles. La canne à sucre brésilienne comme l'huile de palme malaysienne montrent que ces facteurs peuvent diminuer si l'usage des engrais est modéré et que les rendements des surfaces sont élevés. L'écotoxicité (ETOX) montre à nouveau des valeurs élevées pour les cultures issues de surface dégagées par brûlis; la

cause en est une évaluation de l'écotoxicité d'émission de l'acétone. Les seuls biocarburants analysés dont les valeurs restent inférieures à celles de l'essence sont l'esterméthylque issu d'huiles comestibles usagées, qui est produit en France, et le méthane produit par des boues usagées ou les déchets biologiques.

En raison des effets de la production agricole sur l'environnement, l'évaluation globale (Illustration 5) de la production suisse de bioéthanol issu de lactosérum indique une charge environnementale inférieure

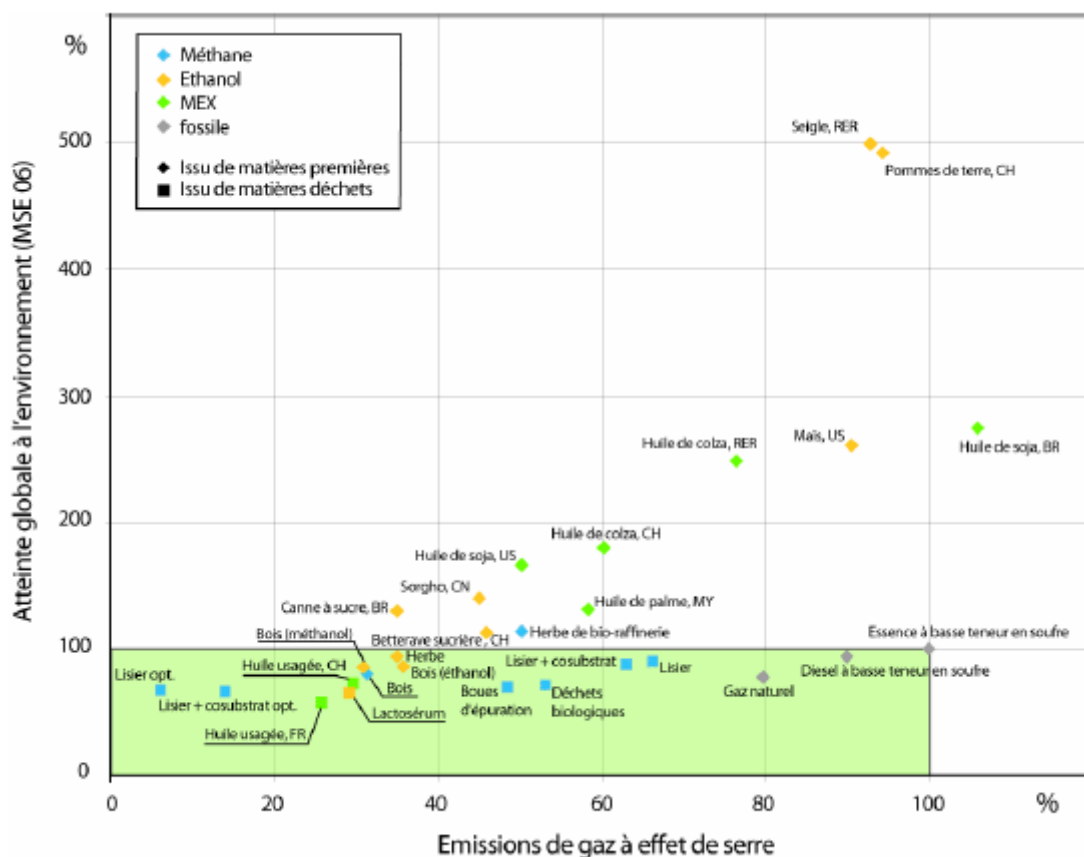


Illustration 6. Présentation en deux dimensions des émissions des gaz à effet de serre et de la charge environnementale totale selon la méthode de saturation écologique (MSE) 06, par rapport à l'essence en tant que produit fossile de référence. La zone verte signale que les émissions de gaz à effet de serre comme la charge environnementale globale sont inférieures à celles de l'essence.

de 30 % (MSE 06) à 50 % (Eco indicator 99) à celle de l'essence. Les autres filières suisses de bioéthanol affichent des charges environnementales globales égales ou inférieures à celle de l'essence. La production et l'utilisation de méthane biogène dégage une charge globale pouvant être inférieure de 30 % (MSE 06) ou de 50 % (Eco indicator 99) à celle de l'essence, même si les émissions de gaz à effet de serre sont parfois plus élevées en raison des pertes de méthane. L'illustration 5 présente en plus l'intervalle de confiance à l'intérieur duquel 95 % de toutes les valeurs se situent. Cet intervalle prend en compte uni-

quement les incertitudes dues à la collecte des données inventoriées (pour l'évaluation de la consommation énergétique par exemple) et non pas celles dues à la méthode retenue (par exemple la probabilité de l'apparition d'un cancer liée à l'émission d'un certain taux de substances carcinogènes). Les incertitudes sont faibles, surtout pour la méthode appliquée pour les MSE, mais aussi pour l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre. Elles n'entraînent que rarement des changements dans les valeurs, (de vert à rouge ou inversement). En raison de l'évaluation de l'exploitation des sols, qui est très incertaine, pour

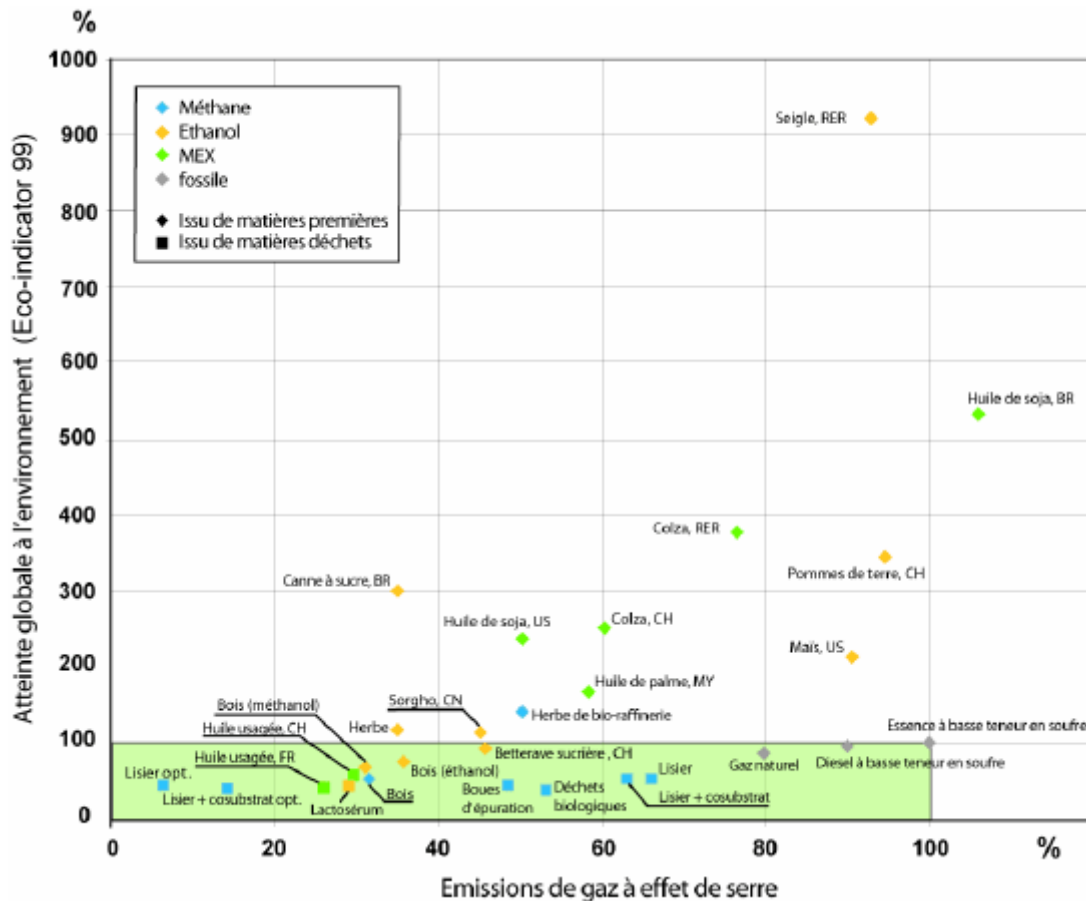


Illustration 7. Présentation en deux dimensions des émissions des gaz à effet de serre et de la charge environnementale totale sous forme d'Eco indicator 99, par rapport à l'essence en tant que produit fossile de référence. La zone verte signale que les émissions de gaz à effet de serre comme la charge environnementale globale sont inférieures à celles de l'essence.

des raisons de méthode principalement, l'évaluation Eco indicator de tous les processus agricoles est elle aussi fortement incertaine.

Illustration 6 et Illustration 7 synthétisent les émissions de gaz à effet de serre et l'évaluation environnementale globale de tous les carburants considérés. La zone verte signale une évaluation meilleure pour les deux valeurs que celle des carburants fossiles de référence. Il apparaît ainsi qu'il existe pour tous les types de carburants des filières de production qui se situent dans cette zone verte, et que la plupart de ces filières «vertes» sont celles qui utilisent des déchets ou des résidus. En raison de la présence, dans l'inventaire qui porte sur la culture de la canne à sucre, du pesticide Daconate, à forte teneur en arsenic, cette culture a une forte valeur en écotoxicité selon l'Eco

indicator 99, d'où des évaluations MSE 06 et Eco indicator 99 qui diffèrent fortement pour le bioéthanol issu de canne à sucre brésilien. Le grand écart observé pour le bioéthanol issu de pommes de terre s'explique, lui, par la forte pondération donnée à la perte de substances nutritives selon la méthode de saturation écologique 06.

Quels sont les effets de la production de carburants sur l'environnement mesurés à l'aune de la surface agricole exploitée?

Illustration 8 montre quelle quantité de gaz à effet de serre est émise par hectare et par an pour un kilomètre parcouru au moyen de la biomasse produite sur cette surface. Des différences considérables apparais-

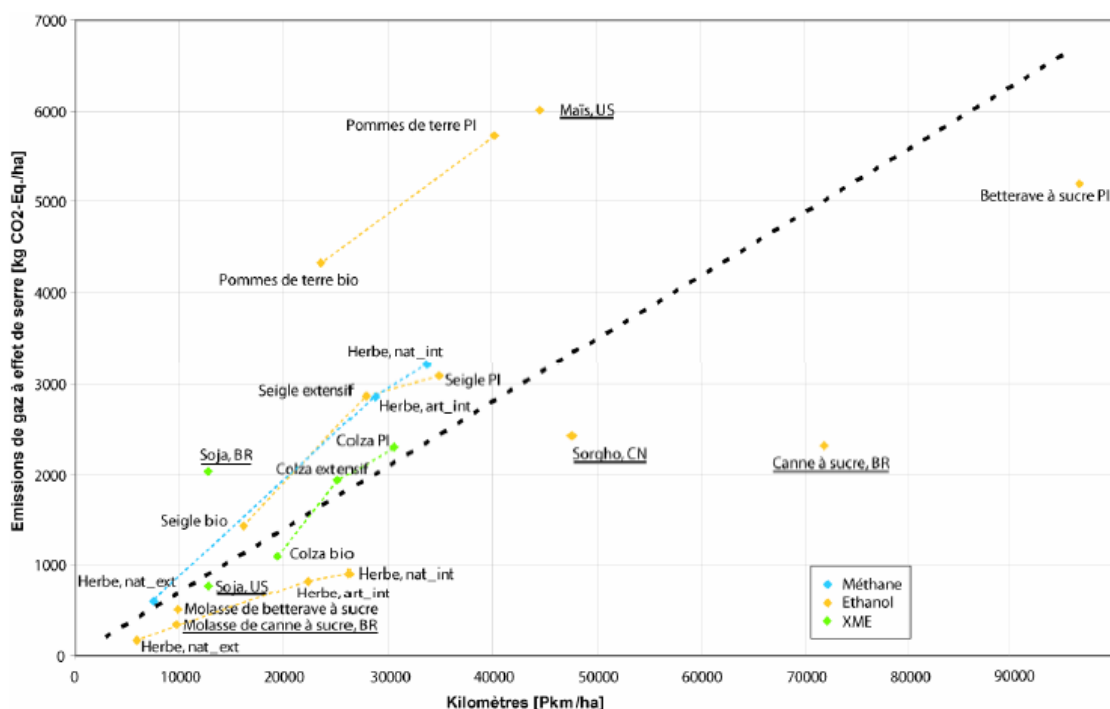


Illustration 8. Présentation en deux dimensions de la performance kilométrique et du dégagement de gaz à effet de serre par hectare de divers végétaux cultivés pour leur énergie. Le traitillé noir représente la moyenne (régression linéaire), les traitillés en couleur relient les végétaux selon la destination de leur culture, le soulignement indique qu'ils sont cultivés hors de la Suisse.

sent ainsi, en ce qui concerne tant l'énergie produite que les émissions de gaz à effet de serre.

La meilleure performance kilométrique est celle du bioéthanol produit par la betterave sucrière suisse, dont le rendement à l'hectare est sensiblement le même que celui de la canne à sucre brésilienne (70 t/an) pour une teneur en saccharose légèrement supérieure en raison de sa teneur en fibre nettement moindre. Mais une comparaison de la performance kilométrique à l'hectare avec le potentiel de gaz à effet de serre à l'hectare met en évidence que le bioéthanol brésilien a le plus grand écart avec la ligne de corrélation, et donc le meilleur rapport.

Si l'on compare différentes formes de culture en Suisse, à savoir l'agriculture PI, l'agriculture extensive et l'agriculture biologique, on constate que les pommes de terre, le seigle, l'herbe et le colza produits en culture extensive dégagent moins de gaz à effet de serre. Mais la performance kilométrique décroît proportionnellement à la baisse des émissions gazeuses, de sorte qu'il n'est guère possible de dégager des avantages nets.

Quelle est l'utilisation de l'énergie produite qui soit la moins nuisible à l'environnement?

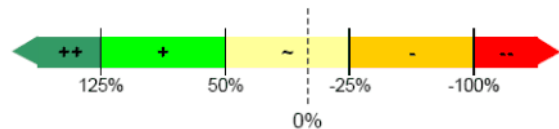
Les agents énergétiques biogènes comme le bois, le biogaz et l'éthanol permettent de produire du carburant mais aussi de la chaleur et de l'électricité notamment. Ces différents produits ne présentent pas tous le même intérêt écologique, car ils remplacent chaque fois des parts différentes d'énergie produite par des agents conventionnels, souvent fossiles. Aussi la présente étude a-t-elle consisté, dans une deuxième étape, à mettre en évidence quelle utilisation présentait les nuisances environnementales les plus faibles. Pour ce faire, l'avantage net de différents agents énergétiques biogènes a été calculé au moyen de la formule suivante:

$$\text{Avantage net} = \text{charge environnementale évitée par le remplacement d'agents énergétiques fossiles} - \text{charge environnementale due à l'utilisation de l'agent énergétique biogène XY}$$

L'unité fonctionnelle utilisée pour cette analyse est une quantité déterminée d'un agent énergétique biogène (1 kg de lactosérum par exemple). Cette quantité permet de produire une quantité déterminée d'énergie à des fins de chauffage, de production de courant électrique ou de transport. La charge environnementale induite par cette production et celle induite par la quantité d'énergie fossile ainsi remplacée sont calculées puis intégrées dans la formule ci-dessus pour connaître l'avantage net.

La présente étude ne vise pas à étudier tous les usages possibles des agents énergétiques biogènes mais se concentre sur les données issues de la première étape, dont les possibilités d'utilisation déjà présentées dans la banque de données ecoinvent. La comparaison est ainsi limitée aux agents énergétiques courants, c'est-à-dire principalement aux agents fossiles.

Voici les résultats de la comparaison de l'avantage pour ce qui est du potentiel de réchauffement global et de l'évaluation globale (avec l'eco indicator 99 et la méthode de la saturation écologique, version 2006), qui sont synthétisés pour tous les agents énergétiques analysés. Le schéma coloré ci-dessous a été utilisé pour ce faire:



Cette échelle montre quel est l'avantage par rapport à la charge environnementale qui résulte de l'utilisation de l'agent énergétique biogène secondaire. Comme l'on vise une utilité nette positive, elle présente une asymétrie de 25% (exemple de calcul: l'utilisation d'un kilogramme de déchets sous forme de carburant produit une utilité nette de 0,13 kg CO₂-Eq. La charge nécessaire pour fermenter les biodéchets en méthane est de 0,39 kg CO₂-Eq. Le calcul est

donc: 0,13 kg/0,39 kg, ce qui équivaut à 33%, qui se situe dans l'échelle à la zone « ~ », comprise entre -25% et +50%).

Les résultats présentés par l'illustration 9 qui concernent les émissions de gaz à effet de serre sont à nouveau corrélées avec la consommation cumulée d'énergie (CCE). Le plus souvent, l'avantage, de 50 % et plus, est supérieur aux nuisances de l'agent énergétique biogène. Le bilan est moins positif pour les boues usagées ou les déchets biologiques, à forte teneur en eau, car leur utilisation demande en général une série d'étapes préalables de séchage qui font appel à l'utilisation fossile.

Procéder à une **évaluation globale** au moyen des méthodes Eco Indicator 99 et MSE 06 fait apparaître un panorama légèrement moins favorable, comme le montre l'illustration 10. Il apparaît là encore qu'il n'est pas si simple de trouver un agent énergétique biogène qui se démarque positivement aussi bien pour ce qui est des émissions de gaz à effet de serre que globalement. C'est finalement le lisier (lisier agricole) dont les résultats sont les meilleurs, puis-

qu'ils sont considérés comme bons à très bons dans les deux méthodes. L'utilisation de biodéchets s'avère par contre nettement moins positive, surtout en raison de la diffusion de métaux lourds due à l'utilisation de lisier dans l'agriculture.

Une comparaison horizontale, qui consiste à mettre en regard différentes utilisations possibles, telles que CETE, carburant, etc., fait systématiquement apparaître des aspects positifs mais aussi des aspects moins positifs, voire carrément négatifs. Pour l'heure, la consommation cumulée d'énergie ne paraît pas très efficace pour l'utilisation d'agents énergétiques biogènes secondaires.

Globalement, les comparaisons font apparaître que le remplacement des traditionnels agents énergétiques fossiles par les variantes biogènes analysées dans la présente étude a des conséquences positives sur l'émission des gaz à effet de serre. Plus précisément, un tel remplacement diminue les atteintes environnementales. Toutefois, beaucoup de variantes présentent, pour d'autres aspects écologiques, des inconvénients par rapport aux solutions fossiles actuellement

Agent énergétique	Bois		Herbe		Lisier		Bois usagé		Lacto-sérum		Déchets biologiques		Boues d'épuration fraîches	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Utilisation														
Chauffage	++	++												
CETE	++	++	+	++	++	++			++	++	~	+	++	++
Automobile (méthane)	++	++	+	+	++	++	++	++	+	+	~	~	+	+
Automobile (éthanol)	++	++	++	++					+	+				
Evacuation directe dans «SIOM»							++	++			~	~	-	-
Evacuation directe dans «SIOM modernes»											++	++		
Ouvrage en ciment							++	++					~	~
Emissions de gaz à effet de serre														

Illustration 9. Avantage net par rapport au potentiel de réchauffement global. Ce tableau montre toutes les variantes analysées au chapitre 4. L'avantage est indiqué par rapport à la charge environnementale de l'agent énergétique biogène secondaire (voir les détails ci-dessus). Deux scénarios ont été testés pour la production conventionnelle de courant et d'électricité, aussi l'avantage net peut-il être compris dans une fourchette avec une valeur plancher (colonne «Min») et une valeur plafond (colonne «Max»). Les champs blancs signalent que les variantes n'ont pas été analysées pour ce test.

utilisées. Bref, l'évaluation écologique globale ne présente pas un résultat qui pencherait exclusivement en faveur des agents énergétiques biogènes, tant s'en faut.

Conclusion

La présente étude montre que la plupart des biocarburants sont pris dans une opposition entre deux objectifs différents, la minimisation des émissions de gaz à effet de serre d'une part et un bilan écologique global positif d'autre part. Car si de nombreux bio-

Agent énergétique	Bois		Herbe		Lisier		Bois usagé		Lacto-sérum		Déchets biologiques		Boues d'épuration fraîches	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Utilisation														
Chauffage	~	++												
CETE	~	++	~	~	+	++			+	++	-	-	+	++
Automobile (méthane)	+	+	~	~	++	++	+	+	+	+	~	~	++	++
Automobile (éthanol)	~	~	+	+					++	++				
Evacuation directe dans «SIOM»							~	+			-	-	--	--
Evacuation directe dans «SIOM modernes»											+	++		
Ouvrage en ciment							+	+					-	-
Eco-Indicator 99														

Agent énergétique	Bois		Herbe		Lisier		Bois usagé		Lacto-sérum		Déchets biologiques		Boues d'épuration fraîches	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Utilisation														
Chauffage	~	+												
CETE	~	+	+	++	+	++			-	-	-	-	~	++
Automobile (méthane)	~	~	+	+	+	+	~	~	-	-	-	-	~	~
Automobile (éthanol)	~	~	++	++					++	++				
Evacuation directe dans «SIOM»							-	-			-	-	--	--
Evacuation directe dans «SIOM modernes»											-	-		
Ouvrage en ciment							+	+					-	-
MSE 06														

Illustration 10. Avantage net par rapport à l'évaluation globale eco indicator 99 (en haut) et MSE 06 (en bas). Ce tableau montre toutes les variantes analysées au chapitre 4. L'avantage est indiqué par rapport à la charge environnementale de l'agent énergétique biogène secondaire (voir les détails ci-dessus). Deux scénarios ont été testés pour la production conventionnelle de courant et d'électricité, aussi l'avantage net peut-il être compris dans une fourchette avec une valeur plancher (colonne «Min») et une valeur plafond (colonne «Max»). Les champs blancs signalent que les variantes n'ont pas été analysées pour ce test.

carburants permettent de réduire de plus de 30 % les émissions de gaz à effet de serre, la majorité de leurs filières de production présentent pour plusieurs autres indicateurs environnementaux une charge environnementale plus élevée que l'essence. Le transport, y compris l'expédition de biocarburant en Suisse, joue un rôle mineur à cet égard, au contraire du mode de production, dont l'impact est bien plus fort.

Le résultat principal de la présente étude est de montrer que l'essentiel des atteintes environnementales induites par les biocarburants sont causées par la culture des matières premières utilisées. Pour l'agriculture des pays tropicaux, le défrichage par brûlis des forêts tropicales, qui dégage de grandes quantités de CO₂, qui pollue l'air et qui détruit la biodiversité, est la principale source d'atteinte à l'environnement. Des directives de certification des biocarburants pragmatiques, qui intègrent cette dimension, à l'instar de celles du Forest Stewardship Council (FSC), sont des plus souhaitables. Sous des latitudes tempérées, ce sont en partie les bas rendements surfaciques, la fertilisation intensive et la mécanisation qui induisent un bilan écologique défavorable. Il s'agit ici de trouver un rapport équilibré entre le revenu énergétique et un impact sur l'environnement limité, en procédant à une sélection judicieuse des espèces et en suivant les récoltes. Le bilan environnemental peut également être amélioré par l'utilisation énergétique des sous-produits agricoles, comme la mélasse ou la paille de sorgho.

Il ressort de la présente étude que l'utilisation énergétique dont le bilan est le meilleur est celle des déchets, résidus ou sous-produits, d'une part parce qu'elle n'implique pas les fortes nuisances provoquées par la préparation de matières premières, d'autre part parce qu'il est possible de réduire les émissions nuisibles à l'environnement qui résultent du traitement des déchets, comme la pollution des eaux due au lactosérum ou les émissions de méthane, par la fertilisation au moyen de lisier non fermenté. Les émissions de méthane, parfois élevées, représentent

un facteur critique pour la production et la fabrication de biogaz. Là encore, des mesures ciblées sont la clé pour obtenir de nettes améliorations du bilan énergétique global. Ces mesures peuvent bien sûr consister dans de nouvelles installations, mais aussi dans l'exploration de la piste d'une séparation plus efficace du CO₂, pour laquelle des études concrètes s'imposent.

L'utilisation énergétique du bois présente de bons résultats, car les effets sur l'environnement de la fabrication des matières premières sont très faibles. Une technologie d'avenir pourrait consister dans la gazéification du bois, pour autant que les émissions de méthane, qui accroissent l'effet de serre, puissent être réduites par un processus mené dans un espace clos. Si de tels procédés sont encore, bien sûr, de la musique d'avenir, ils ne sont pas dénués d'intérêt, au vu des matières premières limitées et de la concurrence qui règne actuellement dans les modes de mise en valeur.

Globalement, la présente étude montre que la promotion des biocarburants, telle qu'elle pourrait se faire sous la forme de rabais fiscaux par exemple, doit s'effectuer de manière différenciée. Tout biocarburant ne produit pas nécessairement moins d'effets sur l'environnement qu'un carburant fossile. Parmi les filières de production, ce sont actuellement surtout la valorisation des déchets biogènes et du bois ainsi que l'utilisation de l'herbe pour la production d'éthanol dont les effets sur l'environnement sont moindres que ceux des produits fossiles de référence. Toutefois, à la différence des carburants fossiles, il est possible de réduire notablement, par des mesures ciblées, les effets sur l'environnement des biocarburants. On peut escompter, au vu du potentiel d'optimisation, que des évaluations plus pointues seront produites pour les différentes filières de production. Par ailleurs, d'autres procédés récents, qui ne sont pas examinés dans la présente étude, tels que le Biomass to Liquid (BTL) par exemple, ne manqueront pas de prendre de l'importance.

Mais le potentiel de la bioénergie suisse est limité et le restera. Une culture à large échelle à des fins de production d'énergie nuirait à l'auto-suffisance alimentaire du pays et, si elle était extensive, elle pèserait sur l'environnement. Les agents énergétiques biogènes ne sont donc pas une solution à toutes les questions énergétiques qui se posent à nous. Mais si l'on transforme de manière efficace et écologique la biomasse disponible en énergie et que l'on réduit simultanément la consommation en augmentant l'efficacité énergétique, ces supports énergétiques de remplacement peuvent, combinés à d'autres formes d'énergie renouvelables, jouer un rôle non négligeable dans notre approvisionnement futur en énergie.

Biocombustibles de segunda generación

Norbert Hackenberg*

* Norbert Hackenberg

Resumen

La producción de combustibles líquidos a partir de biomasa, o sea "biocombustibles", como alternativa a los combustibles producidos a partir de petróleo, está actualmente creciendo con una enorme dinámica en muchas regiones del mundo. Esta dinámica tiene sobre todo dos razones: por un lado los precios del petróleo cada vez más altos, y por el otro lado la promoción de los biocombustibles motivada principalmente por razones políticas. Puesto que las fuentes fósiles de energía son limitadas, es inevitable sustituirlas tarde o temprano por fuentes renovables de energía. El alza de los precios de las fuentes fósiles impulsará este proceso. Entre las fuentes fósiles de energía, el petróleo se agotará más pronto, mientras que el gas natural y ante todo la hulla alcanzarán todavía para un tiempo bastante prolongado. Sin embargo, las fuentes fósiles de energía son las fuentes más importantes de generación de gases invernaderos, y en primer lugar el CO₂, por lo cual, desde la perspectiva del cambio climático, no es razonable seguir recurriendo a estas fuentes hasta su agotamiento.

La producción de combustibles líquidos a partir de biomasa, o sea "biocombustibles", como alternativa a los combustibles producidos a partir de petróleo, está actualmente creciendo con una enorme dinámica en muchas regiones del mundo. Esta dinámica tiene sobre todo dos razones: por un lado los precios del petróleo cada vez más altos, y por el otro lado la promoción de los biocombustibles motivada principalmente por razones políticas.

Puesto que las fuentes fósiles de energía son limitadas, es inevitable sustituirlas tarde o temprano por fuentes renovables de energía. El alza de los precios de las fuentes fósiles impulsará este proceso. Entre las fuentes fósiles de energía, el petróleo se agotará más pronto, mientras que el gas natural y ante todo la hulla alcanzarán todavía para un tiempo bastante prolongado. Sin embargo, las fuentes fósiles de energía son las fuentes más importantes de generación de gases invernaderos, y en primer lugar el CO₂, por lo cual, desde la perspectiva del cambio climático, no es razonable seguir recurriendo a estas fuentes hasta su agotamiento.

Cambiar el sistema energético hacia las energías renovables es en principio posible; el sol y el viento representan una cantidad de energía que supera mil veces la demanda anual de energía de toda la economía mundial. El desafío consiste en desarrollar las

tecnologías adecuadas para su aprovechamiento sostenible. Un estudio preparado recientemente por un consejo de científicos para el Gobierno Alemán^[1] llega a la conclusión que a largo plazo la energía solar y la eólica, y eventualmente también la geotérmica, predominarían como fuentes de energía. En lo referente a los combustibles líquidos para el sector transporte, existe amplio consenso entre expertos y organismos internacionales respecto a que los biocombustibles constituyen la única opción realista de sustitución de combustibles fósiles en el futuro cercano.

La biomasa representa un potencial prácticamente inagotable. La energía solar que recibe la tierra y que es fijada a través del crecimiento continuo de las plantas en el planeta, supera varias veces la demanda de energía primaria. La energía solar fijada como producción primaria neta de biomasa corresponde a unos 50.000 millones de toneladas equivalentes de petróleo ("Million tons of oil equivalent" = Mtoe) por año, mientras que la demanda de energía primaria alcanza solamente 9.700 Mtoe^[2]. Desde luego estos son datos globales; por otra parte, debido a limitaciones tecnológicas, económicas y ecológicas, se podrá aprovechar en realidad, solamente una parte de esta biomasa.

Relevancia de los biocombustibles y tendencias de su desarrollo

El desarrollo de los biocombustibles empezó con la producción de bioetanol, impulsada por la llamada primera crisis del petróleo desde mediados de los años setenta del siglo pasado, en Brasil a partir de caña de azúcar, y en Estados Unidos, a partir del maíz. En una década la producción de bioetanol alcanzó unos 12 millones de toneladas y se mantuvo alrededor de este nivel hasta el año 2000. El estancamiento debió tener sus causas en el bajo precio del petróleo durante esta época. A partir del año 2001 se presenta un enorme crecimiento de la producción, hasta alcanzar 36,5 millones de toneladas en el año 2006. La producción de biodiesel empezó mucho más tarde, a inicios de los años noventa y alcanzó unos 7,5 millones de toneladas en el año 2006, mientras que la producción de bioetanol fue unas cinco veces mayor. Sin embargo, el sector del biodiesel creció a una tasa del 33 por ciento, tasa mucho más alta que la del bioetanol (18%)^[3].

No se vislumbra un fin de este boom. Para el año 2007 se estima la producción total de biocombustibles (bioetanol y biodiesel) en unos 54 mil millones de litros. Sin embargo, los biocombustibles representan solamente el 1,5 por ciento de la producción mundial de todos los combustibles líquidos, aunque el crecimiento de su producción es mucho más dinámico que el del total de los combustibles líquidos, lo que implica que su participación en la producción total va aumentando rápidamente.

Las capacidades productivas se concentran en un número bastante reducido de países, y están estrechamente vinculadas con su promoción en el marco de las prioridades políticas de estos países. Tres cuartas partes del bioetanol se producen en solamente dos países, que son Estados Unidos y Brasil. Estados Unidos ha superado la producción de bioetanol de Brasil en el año 2005. El resto de países siguen a estos dos, a gran distancia. En cuanto al biodiesel, la Unión Europea produce el 80% del total mundial. Alemania produce casi la mitad de esta cantidad, siendo el país productor de biodiesel más importante

del mundo. No obstante existen muchos países, sobre todo en la Unión Europea, África y el Sur-Este de Asia que están adquiriendo importancia como productores de biocombustibles. Brasil ha iniciado un ambicioso programa cuya meta es incrementar la producción de bioetanol a partir de caña de azúcar en un 50 por ciento hasta el año 2009.

Las fuerzas que impulsan la expansión de las capacidades productivas y el crecimiento sostenido de la producción de los biocombustibles son en primer lugar, las metas de mezcla obligatoria, en segundo lugar, los importantes subsidios impositivos establecidos en muchos países, y en tercer lugar, los fuertes intereses predominantes en el sector agrícola. La Unión Europea, como ejemplo, ha establecido ambiciosas metas de mezcla. La Comisión Europea estima que para cumplir con estas metas, el consumo de bioetanol crecerá de 1,5 Mtoe en el año 2007 a más que 15 Mtoe en el año 2020, y el biodiesel de 6 Mtoe a 19 Mtoe en el mismo período.

La necesidad de desarrollar biocombustibles de segunda generación

El Worldwatch Institute de Washington publicó en su sitio web bajo la fecha del 13 de febrero de este año un breve artículo de su Presidente, Christopher Flavin, con el título "Time to Move to a Second Generation of Biofuels"^[4]. En este artículo Flavin señala los resultados de 2 estudios científicos que han sido publicados en la revista Science y que corroboran un argumento esgrimido por el Worldwatch Institute en su libro "Biofuels for Transportation" (2007), en el sentido de que la expansión de las áreas usadas para producir la materia prima para los biocombustibles podría generar la emisión de grandes cantidades de CO₂ del suelo y de la biomasa existente. Tales emisiones contrarrestarían en consecuencia, las ventajas presentadas por los biocombustibles en relación con su balance de gases invernaderos.

Según Flavin, de acuerdo a los resultados de estos estudios existen casos en los cuales es posible que la

producción de los biocombustibles produzca cantidades de CO₂ aún mayores a las que se busca evitar durante su consumo. Esto ocurriría como consecuencia de convertir hábitats naturales en cultivos energéticos, e incluso donde se convierten cultivos alimenticios existentes en cultivos energéticos, y se expande al mismo tiempo el área cultivada para producir los alimentos en otros lugares. La razón de este efecto es que la biomasa existente en hábitats naturales contiene grandes cantidades de carbono que es emitido al aire cuando estos ecosistemas se convierten en cultivos agrícolas. En la opinión de Flavin, los dos estudios publicados en Science reforzarían el argumento de que es urgente cambiar rápidamente hacia los biocombustibles de segunda generación.

Pero hay otros argumentos en contra de los biocombustibles convencionales. Según Monfort, la agencia Food and Agriculture Organization (FAO) de las Naciones Unidas habría comunicado el año pasado que la demanda de biocombustibles habría tenido una influencia sustancial en el alza de los precios de los alimentos que se observa actualmente en todo el mundo. Además, según la FAO, el precio del trigo habría doblado, las reservas mundiales de alimentos estarían en su nivel más bajo desde hace 25 años, y la ayuda en alimentos para los países en desarrollo habría disminuido debido a los precios elevados. Debe quedar claro que la creciente demanda y producción de biocombustibles representa solamente un factor en estas tendencias; existen otros factores más que participan en el fenómeno. Varios organismos internacionales destacan que el uso de alimentos para producir biocombustibles continuaría presionando sobre las tierras arables y los recursos hídricos ya escasos en muchas regiones.

Expectativas y ventajas

El desarrollo de los biocombustibles de segunda generación presenta ventajas respecto de aquellos de primera generación. Se menciona:

- El menor nivel de impactos ambientales;

- Un mayor rendimiento en combustible o energía por hectárea, debido a que es posible aprovechar el total de la biomasa;
- El potencial encerrado en el aprovechamiento de una vasta gama de materia prima, y en particular, de residuos o desechos como paja o madera; y,
- La posibilidad de "diseñar" combustibles sintéticos a fin de optimizarlos en cuanto a su eficiencia energética y
- Bajo nivel de emisiones.

Muchos autores consideran el menor nivel de impactos ambientales que presentan los biocombustibles de segunda generación en comparación con los de la primera, como su ventaja más relevante. Algunos estudios indican que el bioetanol fabricado a partir de lignocelulosa presenta ventajas ambientales esenciales sobre el bioetanol fabricado a partir de maíz. El maíz es un cultivo que requiere importantes insumos de energía y degrada el suelo, mientras que es posible producir el bioetanol celulósico a partir de materias primas nativas que en general requieren menos fertilizantes, son más fáciles a manejar entre las cosechas, y presentan un nivel menor en cuanto a su balance "well-to-wheel" de gases invernaderos. También presentan impactos menos relevantes sobre los recursos hídricos debido a la reducida erosión del suelo y menores pérdidas de fertilizantes y nutrientes causadas por escorrentías ("runoff"). Además, algunas tecnologías permiten quemar la lignina que no ha sido posible convertirla a bioetanol a fin de generar energía para las plantas procesadoras, asimismo la quema del bagazo a fin de obtener energía para el procesamiento de la caña de azúcar a bioetanol convencional.

Un aspecto específico importante es el potencial de los biocombustibles para reducir la emisión de CO₂. El organismo de las Naciones Unidas para asuntos de energía, ONU-Energía, estima que existe un potencial significativo de reducir las emisiones de CO₂ y otros gases invernaderos relacionados con el sector transporte^[6]. ONU-Energía señala que es posible alcanzar hasta "costos negativos" en la reducción de

CO₂, asumiendo que los precios del petróleo se mantengan elevados y que se logre reducir los costos de producción de los biocombustibles de segunda generación.

Existen estudios que estiman que el uso de etanol celulósico en lugar del bioetanol convencional reduciría las emisiones netas de CO₂ entre 70 y 90 por ciento. El alto nivel de reducción de CO₂ se debe sobre todo al hecho de que no se usan energías fósiles en el procesamiento del etanol. Sin embargo, el estudio citado preparado para el gobierno alemán señala que en la literatura científica existen enormes diferencias en cuanto a la reducción de CO₂ así como en los costos de ésta.

Con relación al potencial del biodiesel de segunda generación, de reducir las emisiones de CO₂, existen pocos estudios; no obstante se estima que el potencial de reducción es relativamente alto, aunque que los costos también son muy elevados, debido a los enormes costos de inversión y a pesar de los bajos costos de la materia prima. El estudio preparado para el gobierno alemán concluye que la reducción de CO₂ a través del biodiesel de segunda generación sería alta, pero considerando su alto costo sería ineficiente desde la perspectiva política del cambio climático.

Las tecnologías de segunda generación ofrecen un mayor rendimiento de las materias primas porque permiten aprovechar toda la celulosa y no solamente el azúcar, almidón o aceite. De esta manera es posible aprovechar una mayor parte de un cultivo existente, maximizando su rendimiento por hectárea, minimizando al mismo tiempo, la necesidad de expandir las áreas cultivadas o de usar cultivos alimenticios para producir biocombustibles. Por ejemplo, una hectárea de maíz en Estados Unidos rinde entre 3.200 y 3.700 litros de bioetanol; con la tecnología de segunda generación el rendimiento podría alcanzar hasta 5.600 litros. En el caso de los cultivos no tradicionales, como el "switchgrass", que todavía no han sido optimizados o modificados genéticamente, se espera que las mejoras del rendimiento sean aún mayores^[7].

En la actualidad, la fabricación de bioetanol se basa en la fermentación de azúcar o almidón y la de biodiesel en el aprovechamiento de los aceites vegetales. Las industrias alimenticia y de biocombustibles están usando las mismas partes de las plantas como materia prima, entrando así la producción de biocombustibles, en competencia con los cultivos, lo que se traduce en una competencia entre la alimentación humana y los biocombustibles. Esta problemática se ha conocido en los medios de comunicación como "food versus fuel" ("alimentos versus combustible"). Al contrario que los biocombustibles convencionales, la fabricación de los biocombustibles de segunda generación se basa en la lignocelulosa ofreciendo la opción de usar aquellas partes de las plantas o cultivos específicos que no tienen valor para la alimentación humana. De esta manera es posible por un lado aprovechar subproductos o desechos de las industrias alimenticia o maderera para la producción de los biocombustibles. Por otro lado, la vasta gama de materias primas brinda mayores potencialidades para desarrollar métodos de cultivo y de conversión más eficientes.

Materia prima y tecnología de procesamiento

Los biocombustibles de segunda generación se diferencian de los biocombustibles convencionales o de primera generación en cuanto a dos aspectos claves: las materias primas utilizadas y las tecnologías que se aplican para su fabricación.

Los biocombustibles de primera generación son aquellos fabricados a partir de azúcar o almidón en el caso del bioetanol, y aceites vegetales o grasas animales en el caso del biodiesel. La materia prima utilizada, aparte de las grasas animales, son plantas con alto contenido en azúcar, almidón o aceite. Los insumos mencionados son convertidos en combustibles líquidos mediante tecnologías convencionales. Los métodos agrícolas utilizados en el cultivo de las materias primas y las tecnologías de conversión, se aplican desde hace bastante tiempo y son en principio

bien conocidos. En la actualidad, son estos biocombustibles de primera generación que se están usando.

Los biocombustibles de segunda generación son combustibles líquidos fabricados a partir de la biomasa lignocelulósica de plantas. Su materia prima puede ser cualquier tipo de biomasa vegetal, desde desechos agrícolas o madereros hasta cultivos energéticos específicos. De esta manera, los cultivos se aprovechan con el total de su biomasa. Su procesamiento requiere de tecnologías avanzadas las que hasta hoy no están disponibles a escala comercial.

Se puede clasificar la materia prima proveniente de plantas para la fabricación de biocombustibles en tres categorías básicas: azúcar y almidón, aceites vegetales y lignocelulosa. Las dos primeras son fácilmente accesibles y requieren de escaso procesamiento previo a su conversión a biocombustibles. En cambio la obtención de lignocelulosa es más compleja. Su conversión a biocombustible es posible por medio de dos vías principales. La primera vía consiste en romper la lignocelulosa mediante una variedad de pasos físicos, químicos y eventualmente enzimáticos hasta conseguir azúcar el cual se fermenta para obtener bioetanol. La segunda vía consiste en procesos termoquímicos que utilizan la gasificación de la biomasa y el proceso Fischer-Tropsch para obtener biodiesel sintético. Estos procesos se conocen como "biomasa a líquido" ("biomass-to-liquid" - BTL).

No obstante ello, el término "biocombustibles de segunda generación" es un concepto global que abarca una gran variedad de combustibles y de tecnologías con un gran número de variantes. Además, los términos y conceptos relevantes no se usan de manera inequívoca, hecho que complica su sistematización. Si se toma como criterio clave el aprovechamiento de la planta completa para la fabricación del biocombustible líquido, el espectro de los tipos de biocombustibles va desde el etanol fabricado a partir de lignocelulosa hasta los combustibles sintéticos, como el biodiesel sintético producido mediante tecnologías de BTL.

El etanol lignocelulósico parece ser el producto líder entre las tecnologías de segunda generación de biocombustibles, pero no es el único. Además del biodiesel sintético, se consideran biocombustibles de segunda generación el biobutanol, el octanol y el metanol. El biobutanol podría ser utilizado también para sustituir a la gasolina y en materia de contenido energético es superior al bioetanol y más cercano a la gasolina. Sin embargo, debido a que el rendimiento de su conversión es muy bajo, no es tan interesante como el bioetanol. Por su parte el metanol no ha sido aceptado hasta hoy como combustible en un nivel amplio, debido a su alta toxicidad.

Aparte de los biocombustibles, los procesos producen también desechos. Algunos desechos como la lignina pueden ser quemados a fin de generar energía en forma de electricidad o calor. Otros como las aguas servidas de la fermentación requieren un tratamiento específico a fin de recuperar sustancias valiosas o de reducir su toxicidad.

La biomasa lignocelulósica

Una característica de la producción de los biocombustibles de segunda generación es el aprovechamiento de la biomasa celulósica de las plantas. Las sustancias celulósicas de las plantas contienen celulosa, hemicelulosa y lignina^[8].

La **celulosa** es el componente básico de las paredes de las células vegetales. Es un polisacárido estructural que forma parte de los tejidos de soporte. En biomasa representa el 50 por ciento de las paredes de las células, por lo cual es el compuesto químico orgánico más abundante en el mundo, formando la mayor parte de la biomasa terrestre, razón por la cual es también el polisacárido más abundante. El ejemplo más puro de celulosa es el algodón con un porcentaje mayor al 90 por ciento. La celulosa es un polisacárido compuesto exclusivamente de moléculas de -glucosa; es en consecuencia un homopolisacárido formado de un solo tipo de monosacárido; su fórmula

química sumaria es $(C_6H_{10}O_5)_n$. La celulosa es rígida, insoluble en agua y contiene desde varios cientos hasta varios miles de unidades de glucosa.

La **hemicelulosa** es también un componente de las paredes de las células de las plantas. Su función es la de una sustancia de soporte y armadura, en la mayoría de los casos en conjunto con la celulosa. La hemicelulosa forma parte de las paredes de las diferentes células de los tejidos vegetales, recubriendo la superficie de las fibras de celulosa y permitiendo el enlace de pectina. Contribuye a dar rigidez a las paredes de las células, protegiéndolas de la presión que causan las otras células que la rodean. Básicamente se trata de un heteropolisacárido compuesto por un conjunto heterogéneo de polisacáridos que a su vez están formados por monosacáridos como la glucosa, la galactosa y la fructosa.

La **lignina** (el nombre proviene del latín: "lignum" = madera) es una sustancia sólida e incolora que se deposita en las paredes de las células vegetales, causando la formación de madera (lignificación). La lignina es, después de la celulosa, la segunda sustancia orgánica más abundante en el planeta. La lignina es una macromolécula fenólica, compuesta de varios componentes monoméricos.

Etanol lignocelulósico

Para la fabricación de bioetanol existen tres métodos básicos que son:

1. La fermentación biológica de azúcar o almidón.
2. La gasificación termal seguida de la sintetización del etanol.
3. La gasificación termal seguida de una fermentación biológica.

Es posible utilizar todas las materias primas con los tres métodos, pero el azúcar y el almidón se procesarían típicamente mediante la fermentación biológica convencional. Por otra parte, convertir las materias

primas lignocelulósicas en bioetanol es solamente posible después de fracturar la celulosa y dividirla en glucosa y otros tipos de azúcar en un primer paso del procesamiento, llamado sacarificación. Estos azúcares pueden ser convertidos en bioetanol a través de fermentación en el segundo paso del procesamiento. Para fracturar la lignocelulosa se utiliza normalmente enzimas producidas mediante distintos tipos de levaduras.

Los aspectos químicos relevantes en estos procesos no son aún conocidos del todo; además las enzimas son costosas, y falta todavía una oferta comercial de productos enzimáticos adecuados^[9].

Muchas de las tecnologías para la sacarificación de biomasa lignocelulósica todavía no están comercialmente disponibles. Su comercialización a escala industrial depende en gran medida del desarrollo de las enzimas precisas para cada tipo de materia prima, a fin de reducir los costos de la producción. Childs y Bradley señalan que los costos de las enzimas necesarias para la producción de bioetanol lignocelulósico habrían bajado desde el año 2001, de 5 dólares por galón a menos de 0,20 dólares por galón.

Biodiésel sintético

El diésel sintético BTL de segunda generación se fabrica típicamente mediante gasificación de la biomasa seguida por un proceso Fischer-Tropsch. Según lo explica el estudio preparado para el gobierno alemán, el procesamiento BTL consiste en cuatro pasos: (i) pirolisis de la biomasa; (ii) gasificación; (iii) tratamiento del gas; y (iv) síntesis del combustible. El gas sintético es convertido en combustible mediante el proceso Fischer-Tropsch, el mismo que convierte el gas sintético en combustible líquido mediante catalizadores y altas temperaturas. El proceso Fischer-Tropsch es una tecnología establecida, descubierta por los científicos alemanes Franz Fischer y Hans Tropsch en el año 1923, y usada durante la segunda guerra mundial para la fabricación de combustible a partir de carbón. En Sudáfrica se ha construido varias

plantas procesadoras que producen combustibles a partir de carbón a fin de abastecer el país con combustible durante los embargos comerciales en la época del "apartheid"; tales plantas siguen operando.

La composición química del biodiesel sintético BTL es muy diferente a la del biodiesel de primera generación y se obtiene mediante esterificación de aceites vegetales o grasas animales. La industria automovilística tiene grandes expectativas respecto de los biocombustibles BTL fabricados a partir de gas sintético. La razón de ello reside en la posibilidad de diseñar el producto final de acuerdo a las necesidades de los motores, mientras se modifica su composición química durante el procesamiento. Por ello se denomina "combustibles sintéticos BTL" o también "designer fuels". Diseñar los combustibles "a medida" permitiría optimizar la eficiencia energética, el rendimiento, las emisiones de los motores y del combustible al mismo tiempo. Los combustibles BTL son enteramente compatibles con los combustibles fósiles en todas las proporciones de mezcla. Ello implica también que es posible introducirlos a la infraestructura de abastecimiento existente sin modificar la misma. Además son necesariamente mucho más limpios que los combustibles fósiles, porque la tecnología de su procesamiento requiere la eliminación de cualquier contaminante del gas sintético.

El contenido energético del combustible BTL es solamente de tres por ciento inferior al del diésel fósil, por lo que 1,03 litros de combustible BTL sustituyen a un litro de diésel fósil.

Biorefinerías

En relación con los biocombustibles de segunda generación es importante mencionar el concepto de las "biorefinerías". Este concepto abarca la idea de integrar la producción de biocombustibles, la de productos químicos de mayor valor, y la generación de energía. El objetivo de las biorefinerías es optimizar el uso de los recursos, minimizar los desechos y por consiguiente, maximizar el rendimiento y los benefi-

cios. Según lo que se explica en el estudio de The Royal Society de Inglaterra, al contrario que las refinerías petroleras que casi siempre son complejos industriales muy grandes, el concepto de las biorefinerías incluye una variedad de instalaciones de diferentes tipos y tamaños. En su forma más sencilla, una biorefinería podría ser una fábrica de papel donde se quema la lignocelulosa a fin de generar electricidad y calor para sus propios usos u otros, o un ingenio azucarero donde se quema el bagazo en forma similar. Se espera que el aprovechamiento de la lignocelulosa como materia prima en el futuro facilite mejorar aún la eficiencia de los procesos de conversión y el aprovechamiento de los desechos^[10].

Es posible integrar y optimizar varios procesos biológicos, químicos o térmicos en una biorefinería. Las biorefinerías existentes producen bioetanol a partir de azúcar o almidón, además de varios subproductos útiles como CO₂ purificado de la fermentación el mismo que se usa en varios procesos industriales, en la industria de bebidas, o de pienso a partir de los desechos secados. Sin embargo, según The Royal Society hoy en día no existe ninguna biorefinería que cumpla completamente con esta visión.

Biocombustibles a partir de algas

Aparte de las materias primas convencionales y lignocelulósicas existen otras opciones poco conocidas para producir bioetanol o biodiesel. Algunas algas producen fécula, la que se puede convertir en bioetanol; otras producen pequeñas gotas de aceite el cual se puede aprovechar para la producción de biodiesel. Muchos científicos creen que las algas son las plantas más indicadas para la producción de biocombustibles, ya que presentan un alto rendimiento, crecen hasta en aguas negras y agua del mar y no necesitan mucho más que agua, luz solar y CO₂ para crecer. Utilizar algas para la fabricación de biocombustibles podría presentar varias ventajas en comparación con el resto de materias primas. Estas, son las plantas con el crecimiento más rápido en el mundo, existen especies capaces de cuadruplicar su biomasa en un solo

día; es posible cultivar algas durante todo el año; cultivar algas no requiere ni tierras arables ni agua limpia, por consiguiente no va a competir con los cultivos alimenticios por estos recursos; y finalmente su rendimiento es mucho más alto que el de cualquier otro cultivo. En la opinión de algunos expertos, las algas presentan tantas ventajas que finalmente dominarían sobre todas las otras fuentes de biomasa^[11]. Sin embargo, hasta la producción comercial a gran escala faltarían todavía unos cinco años.

La empresa GreenFuel Technologies^[12], considerada como la empresa de punta en materia de cultivo de algas, estima el rendimiento en biodiesel de una "farm" de algas en más que 50.000 litros por hectárea y año. En términos comparativos, el rendimiento en biodiesel producido a partir de aceite de palma alcanza unos 5.000 litros por hectárea/año, mientras que el rendimiento del bioetanol a partir de maíz es de unos 3.500 litros por hectárea/año. Algunos expertos como Childs y Bradley estiman que las algas podrían producir diez hasta treinta veces más aceite por hectárea que los cultivos convencionales.

Es posible cultivar las algas en estanques abiertos al aire libre; su construcción y operación sería relativamente poco costoso. Sin embargo, cultivar las algas en estanques abiertos implicaría que variaciones de la temperatura, la luz, el nivel y calidad del agua, viento, lluvia y evaporación puedan afectar su crecimiento. Además existe el riesgo de que especies indeseadas se infiltren en los estanques y contaminen los cultivos. Por lo tanto, GreenFuel Technologies ha desarrollado una tecnología a fin de cultivar algas en sistemas cerrados similares a invernaderos, llamados "bioreactores alga-solares". Estos sistemas son costosos, pero la producción sería altamente eficiente. Además aseguraría cosechas continuas, amplios ciclos de producción y un rendimiento considerablemente mayor.

Las algas no son solamente una fuente de biomasa para la producción de biocombustibles; también crecen a partir de altas concentraciones de emisiones de nitrógeno o CO₂. Por consiguiente, cultivar algas podría permitir combinar la producción de biocom-

bustibles con la reducción de CO₂ y otras emisiones. GreenFuel Technologies ha desarrollado un sistema de bioreactores capaz de absorber el CO₂ emitido de plantas termoeléctricas u otras industrias directamente de las chimeneas y convertirlo en biocombustibles a través de un procesamiento llamado "emissions-to-biofuels"^[13]. Para este propósito, los gases emitidos son introducidos en los bioreactores donde estimulan el crecimiento de las algas. Finalmente, las algas son extraídas y convertidas en biocombustible mediante tecnologías conocidas, como fermentación, transesterificación o gasificación. Esta tecnología se encuentra todavía lejos de su comercialización.

Desafíos

Según la ONU-Energía, la diversidad de las materias primas potenciales para los biocombustibles de segunda generación puede ser considerada como una ventaja y una desventaja al mismo tiempo. Por un lado, fortalece la seguridad del suministro, aumenta la resiliencia y los beneficios económicos de los sistemas de producción de biomasa, en particular, si se compara con los monocultivos de uno o pocos cultivos. Por otro lado, la variedad de materia prima potencial con características físicas y químicas diversas crea desafíos para su manejo y procesamiento; por otra parte, tal variedad puede resultar en un producto final con características diferentes.

Aún hay mucho trabajo por hacer para determinar qué cultivos y qué especies son las más adecuadas para las diferentes aplicaciones de los biocombustibles líquidos, los distintos tipos de suelo, sistemas agrícolas, y contextos de su cultivo. Los factores clave a considerar al seleccionar la materia prima incluyen: la viabilidad económica, la sostenibilidad para las diferentes aplicaciones de los biocombustibles líquidos, la productividad por hectárea, requerimientos de insumos, incremento potencial de la productividad, la versatilidad del cultivo, el potencial de resistencia a sequías y plagas, la competencia con otros usos, la volatilidad del precio y los costos de oportunidad.

El estudio preparado para el gobierno alemán considera como desafíos más relevantes entre aquellos que frenan la producción de biocombustibles BTL a gran escala industrial con capacidades de más que 100.000 toneladas por año: (a) la necesidad de inversiones de varios miles de millones de dólares para una planta procesadora; y (b) los problemas logísticos relacionados con el abastecimiento de materias primas para las plantas.

Según Childs y Bradley, en el año 2006 se habrían invertido 2.300 millones de dólares, entre capitales de riesgo ("venture capital") y fondos privados ("private equity"), en el sector de los biocombustibles. Alrededor del 80 por ciento de estos montos se habrían invertido en la expansión de las tecnologías convencionales y maduras, y el resto -en su mayor parte, capitales de riesgo-, se habría destinado al desarrollo de las tecnologías de segunda generación.

Existen muchas dudas respecto a la viabilidad económica de la producción de combustibles sintéticos BTL. El estudio preparado para el gobierno alemán señala que las plantas productoras ubicadas en países del extranjero con posibilidades de producir materia prima -sobre todo madera- en grandes plantaciones, tendrían mejores perspectivas para una producción competitiva en comparación con plantas productoras ubicadas en Alemania. Además, la integración de las plantas BTL en grandes complejos petroleros o químicos presentaría importantes efectos sinérgicos que permitirían bajar los costos considerablemente.

Según la planta BTL Royal Society, si se utilizara el proceso Fischer-Tropsch podría asegurarse una producción mínima de alrededor de un millón de toneladas de biocombustible por año, volumen que corresponde al procesamiento de unas cinco millones de toneladas de biomasa seca como materia prima por año. La razón de esta enorme cantidad de biomasa es que el procesamiento es muy intenso en energía, la misma que debe ser cubierta a partir de biomasa cuyo contenido en energía es relativamente bajo, lo que explica la alta demanda de biomasa. Hay expertos que dudan de que sea posible transportar estas enor-

mes cantidades a grandes distancias a costos aceptables.

Por otro lado, la empresa CHOREN que acaba de construir la primera planta comercial de diésel BTL con una capacidad de solamente 16.000 toneladas de combustible por año, no vaticina problema alguna de abastecimiento a las grandes plantas comerciales. Al respecto, señala por ejemplo, que grandes fábricas de celulosa podrían procesar también un volumen muy superior al millón de toneladas de materia prima por año. Existirían modelos probados de las industrias maderera o agrícola para el abastecimiento de las grandes plantas procesadoras de BTL

Riesgos y desventajas

Uno de los argumentos a favor de los biocombustibles de segunda generación es, que no crearían competencia con los cultivos y productos alimenticios y de esta manera no afectarían la alimentación humana.

No obstante la empresa Childs y Bradley sostiene que la competencia entre usos alimenticios y usos energéticos no estaría resuelta como consecuencia de la aplicación de tecnologías de segunda generación.

Si bien la materia prima lignocelulósica ofrecen un mayor rendimiento que los cultivos convencionales, deberían producirse también en tierras aptas para el cultivo. Pero cualquier expansión de estos cultivos podría aumentar la presión sobre las tierras usadas actualmente para cultivos alimenticios, con la consecuencia de que la competencia por las tierras seguiría siendo en cierta forma un problema. La competencia ya no se daría en forma directa a través de los productos agrícolas, como el maíz o la soya, sino en forma indirecta a través de las tierras cultivadas.

En cambio, la siembra de cultivos nuevos en tierras marginales no aptas para la agricultura tradicional, podría contribuir a mitigar esta problemática; no obstante, la competencia por el uso de las tierras no desaparecería plenamente. La producción de los biocom-

bustibles de segunda generación competiría también en alguna dimensión, con otros usos como son la agricultura, el desarrollo urbano, usos forestales o hábitats naturales.

En esta misma lógica, la ONU-Energía señala que el nivel de competitividad potencial dependerá de diversos factores, dentro de los que se incluyen el rendimiento de los cultivos y el ritmo en que se desarrollen las tecnologías de los biocombustibles de segunda generación. De todas maneras, existe un riesgo inherente a estas tecnologías. Además de desplazar cultivos alimenticios y cultivos de subsistencia, estas tecnologías podrían reforzar los incentivos para devastar eriales, tierras de pastoreo y sabanas, para plantar "switchgrass" u otros cultivos resistentes.

Un tema controvertido de los biocombustibles sería el de los organismos genéticamente modificados, dicen Childs y Bradley en su libro "Plants at the Pump". Según éstos, considerando la relevancia de desarrollar variedades de cultivos que obtengan altos rendimientos en tierras de baja calidad, parece muy probable que los organismos genéticamente modificados ("genetically modified organisms" - GMOs) tendrán un rol importante para los biocombustibles de segunda generación, y sobre todo en relación al incremento de la productividad de las tecnologías disponibles. Los GMOs podrían presentarse en dos lugares: en las enzimas que se necesita para los procesamientos químicos, y en las materias primas mismas.

Los GMOs ya están ampliamente difundidos en el mundo, pero su uso continúa siendo controvertido en muchos países. Podría ser menos controvertido aplicar GMOs para mejorar cultivos estrictamente energéticos, como el "switchgrass", o para diseñar enzimas que se usan en las plantas procesadoras. El tratamiento de este tema es aún un desafío en el marco de los eventuales estándares de sostenibilidad, pero debe ser resuelto en el marco de las políticas que definen los objetivos y las condiciones para el desarrollo de los biocombustibles de segunda generación.

Situación actual y perspectivas

La información disponible acerca de las plantas procesadoras existentes para la producción de biocombustibles de segunda generación y sus capacidades varía de fuente a fuente. Según Childs y Bradley, al final del año 2007 existían solamente nueve plantas demostrativas en el mundo. Su capacidad alcanzó unos 12 millones de litros por año. Ninguna de estas plantas tenía las dimensiones de un nivel comercial y un gran número de nuevas plantas estaban en construcción o iniciando su operación.

Por otra parte, en el mes de abril del presente año se concluyó la construcción de la primera planta en el mundo, con dimensiones comerciales para la producción de combustible sintético a partir de biomasa (combustible BTL). Se trata de la planta "Beta" de la empresa alemana CHOREN, que se construyó en la pequeña ciudad de Freiberg, en Alemania, con una capacidad de 18 millones de litros (unas 16.000 toneladas) al año. La demanda en biomasa para esta cantidad de combustible es de 67.500 toneladas de madera por año. La producción comercial será iniciada en 8-10 meses después de las pruebas y ajustes. Según la empresa CHOREN, la inversión en la planta ha sido del orden de unos 100 millones de Euros (155 millones de dólares). La planta Beta produce el combustible denominado "SunDiesel" mediante un procesamiento basado en la gasificación de la biomasa seguida del proceso Fischer-Tropsch.

En síntesis, las ventajas potenciales que presentan los biocombustibles de segunda generación en relación a los combustibles convencionales usados hoy en día son varias. Algunos biocombustibles de segunda generación presentan ventajas relativas a su uso y rendimiento, y muchos de ellos presentan ventajas en cuanto a su balance energético y balance de gases invernaderos; sin embargo, no todos los biocombustibles de segunda generación presentan las mismas calidades. El tipo y dimensiones de las eventuales ventajas dependen de varios factores y varían según el tipo de materia prima y la tecnología que se aplica para su procesamiento. Por lo general se espera que requieran de cultivos menos intensivos; además, que

su competencia con la producción de alimentos sea menor, y que la demanda de energía fósil en los procesos de fabricación sea considerablemente reducida; tales ventajas no están garantizadas. Hasta hoy no existe ninguna producción comercial a gran escala, y por consiguiente no existen experiencias al respecto. Todo el sector de los biocombustibles de segunda generación se encuentra todavía en fase de desarrollo y demostración, lo que implica que todos los datos acerca de sus parámetros técnicos o económicos encierran un alto nivel de incertidumbre.

También existen serias dudas sobre si los biocombustibles de segunda generación serán económicamente viables en la próxima década. Uno de los desafíos logísticos más relevantes es el abastecimiento de enormes cantidades de biomasa requeridas por las plantas procesadoras. Algunos expertos opinan que, debido a los altos costos de transporte, la producción sería económicamente viable solamente en aquellos lugares donde la biomasa necesaria ya esté disponible, como es el caso del bagazo de la producción de azúcar o los desechos madereros.

Por consiguiente, las proyecciones para el futuro desarrollo de los biocombustibles de segunda generación son divergentes. La Comisión Europea asume que en el año 2020 alrededor del 30 por ciento de los biocombustibles consumidos por la Unión Europea serán biocombustibles de segunda generación. No obstante todo lleva a pensar que los biocombustibles de segunda generación no jugarán un papel relevante en el abastecimiento de combustibles a nivel mundial en el corto y mediano plazo. Considerando los grandes desafíos técnicos aún no resueltos, la Agencia Internacional de Energía (IEA) concluye en el

"World Energy Outlook 2006"^[14], que aún en el año 2030 la producción de biocombustibles se basará en materias primas convencionales. El Worldwatch Institute^[15] opina que en las dos próximas décadas la mayor parte de la biomasa aprovechada para la producción de biocombustibles provendrá de los cultivos existentes usados como fuentes de azúcar, almidón o aceite vegetal.

Los biocombustibles, ya sean convencionales o de segunda generación, van a ser adoptados en la medida que encajen en el "mix" de combustibles. Eso implica una variedad de desafíos ya que los diferentes tipos de biocombustibles presentan propiedades muy distintas. Ningún tipo de biocombustible cuenta con el potencial de sustituir la totalidad de combustibles fósiles en los grandes mercados. En resumen existe amplio consenso en torno a que los combustibles fósiles seguirán dominando el abastecimiento del sector transporte de combustibles líquidos en el futuro previsible.

Referencias

- [1] WBA (Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz). 2007. Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung. Empfehlungen an die Politik. s/l. http://www.bmelv.de/cln_044/nn_751706/SharedDocs/downloads/14-WirUeberUns/Beiraete/Agrarpolitik/GutachtenWBA,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/GutachtenWBA.pdf (rev. 31.03.2008).

- [2] Datos según:
CHOREN Industries.
<http://www.choren.com/de/> (rev. 19.05.2008).
- [3] Estos y los siguientes datos según:
(1.) WBA 2007;
(2.) Monfort, J. Despite Obstacles, Biofuels Continue Surge.
<http://www.worldwatch.org/node/5450> (rev. 23.05.2008);
(3.) Sawin, J. L. 2008. Are Renewables Approaching a Tipping Point? Highlights from the REN21 Renewables 2007 Global Status Report.
<http://www.worldwatch.org/node/5629> (rev. 23.05.2008).
- [4] Flavin, C. 2008. Time to Move to a Second Generation of Biofuels.
<http://www.worldwatch.org/node/5616> (rev. 23.05.2008).
- [5] ONU-Energía. 2007. Bioenergía sostenible: Un marco para la toma de decisiones [Traducción informal por la Oficina de la FAO en América Latina y el Caribe]. s/l.
- [6] Childs, B. & Bradley, R. 2007. Plants at the Pump. Biofuels, Climate Change, and Sustainability. Washington, D.C.: World Resources Institute.
http://pdf.wri.org/plants_at_the_pump.pdf (rev. 20.05.2008).
- [7] Wikipedia. La enciclopedia libre. 2008. Celulosa.
<http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Celulosa&oldid=17463343> (rev. 21.05.2008).
- [8] Garten Rothkopf. 2007. A Blueprint for Green Energy in the Americas: Strategic Analysis of Opportunities for Brazil and the Hemisphere. Featuring: The Global Biofuels Outlook 2007 [Prepared for the Inter-American Development Bank]. Washington, D.C.: Inter-American Development Bank.
<http://www.iadb.org/biofuels/> (rev. 21.05.2008).
- [9] The ROYAL Society. 2008. Sustainable biofuels: prospects and challenges. London. (Policy document; 01/08).
<http://royalsociety.org/displaypagedoc.asp?id=28914> (rev. 23.05.2008).
- [10] Algae: The Alternative-Energy Dream Fuel. Kiplinger's Biofuels Market Alert. 2 (2007).
<http://www.kiplinger.com/orders/kbf/Biofuels071607.pdf> (rev. 23.05.2008).
- [11] GreenFuel Technologies Corporation.
<http://www.greenfuelonline.com/> (rev. 20.05.2008).
- [12] Ver también:
Bourne, J. K. 2007. Biofuels: Boon or Boondoggle? Green Dreams. National Geographic, 212 (4), pp. 38–59.
- [13] IEA (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY). 2006: World Energy Outlook 2006. Paris.
<http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2006/weo2006.pdf> (rev. 05.04.2008).
- [14] Datos según:
(1.) Worldwatch Institute. 2006. Biofuels for Transportation. Global Potential and Implications for Sustainable Agriculture and Energy in the 21st Century [Summary]. Washington, D.C.
<http://www.worldwatch.org/system/files/EBF038.pdf> (rev. 23.05.2008);
(2.) Worldwatch Institute. 2006. Biofuels for Transportation. Global Potential and Implications for Sustainable Agriculture and Energy in the 21st Century [Final Report: prepared for the German Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection (BMELV) in cooperation with the German Agency for Technical Cooperation (GTZ) and the German Agency of Renewable Resources (FNR)]. Washington DC. (no publicado).

Biofuels: Is the cure worse than the disease?

Richard Doornbosch, Ronald Steenblik*

* Richard Doornbosch, Principal Advisor, Round Table on Sustainable Development, OECD
Tel: +33 (0)1 45 24 14 57
Richard.DOORNBOSCH@oecd.org

Summary

Biofuels have been championed as an energy source that can increase security of supply, reduce vehicle emissions and provide a new income stream for farmers. These claims are contested, however. Critics assert that biofuels will increase energy-price volatility, food prices and even life-cycle emissions of greenhouse gases. This paper presents salient facts and figures to shed light on these controversial issues and asks whether biofuels offer a cure that is worse than the disease they seek to heal. The information gathered in this paper gives rise to two fundamental questions:

- 1. Do the technical means exist to produce biofuels in ways that enable the world to meet demand for transportation energy in more secure and less harmful ways, on a meaningful scale and without compromising the ability to feed a growing population?*
 - 2. Do current national and international policies that promote the production of biofuels represent the most cost-effective means of using biomass and the best way forward for the transport sector?*
-

I. Biofuels: is the cure worse than the disease?

In recent years, biofuels have attracted increasing attention. Their selling points are many: they are made from renewable feedstocks that can be grown by farmers, and substituting them for petroleum products reduces greenhouse gases and dependency on foreign oil. Following Brazil's footsteps, one country after another has launched new programmes to encourage their production and use. The European Union, United States and numerous other countries have set ambitious calendars for their compulsory incorporation at filling stations. Farmers are ready for action, industry is investing, and governments have opened up their treasuries to help biofuels take off.

Unfortunately, the broader picture is not so attractive. A number of concerns are raised by these developments. Without subsidies, most biofuels cannot compete on price with petroleum products in most regions of the world. The surface of cultivable land that they require is significant and has put pressure on food and water prices. A recent OECD/FAO (2007) report expected food prices to rise by between 20% and 50% by 2016. Growing use of cereals, sugar, oilseeds and vegetable oils to satisfy the needs of a

rapidly increasing biofuels industry is one of the main drivers, according to the report. Other warnings have come from the CEOs of Cargill and Nestlé, who see food prices set for a period of significant and long-lasting inflation as a result of land being diverted to grow energy crops. Environmental and social impacts are of concern as well, notably the clearing of natural forests or rangeland.

In the light of these concerns, the question must be asked whether the potential "cure" offered by biofuels is worse than the disease. This paper begins with an overview of the potential of biofuels technologies and government subsidies and instruments aimed at increasing their use. Trade in biofuels and the barriers to it are discussed in Section 4. The consequences of current policies on food prices, the environment and energy security are discussed in the following section. We then ask how cost-effective government policies are in reducing carbon emissions and increasing energy security. Finally, practical ways forward while avoiding unintended and harmful consequences of subsidies and targets (such as biofuel certification) are explored.

II. What is the (ultimate) technical potential of biofuels?

Conventional and second-generation biofuels technologies

A wide range of biologically-derived feedstocks can be transformed into liquid fuels. The technologies used to make that transformation are also numerous. The most basic is the chemical transesterification process used to convert oils and fats into fatty-acid methyl ester (FAME), commonly known as biodiesel because of its resemblance to diesel (Fig. 1). Most commercial production of biodiesel is based on vegetable oils such as those obtained from oil palm, rapeseed, sunflower seed, and soybean, but some is made from tallow, used cooking oil and even fish oil.

Ethyl alcohol, or ethanol, can be produced from any feedstock that contains relatively dense quantities of sugar or starchy crops, using nothing more than a flask. The most common feedstocks are sugarcane, sugar beet, maize (corn), wheat and other starchy cereals such as barley, sorghum and rye. Concentrating the ethanol from the 16% or so that exists in the beer to the high level of purity (typically 99.7%) re-

quired for use in spark-ignition engines requires distillation and dehydration equipment.

At present, the predominant liquid biofuels in use are ethanol and biodiesel. A much smaller amount of biomass-derived energy is converted into methane gas for use in transport. According to the International Energy Agency's World Energy Outlook 2006, global production of biofuels amounted to 0.8 EJ (or 20 Mtoe or 643 thousand barrels per day) in 2005. This equals roughly 1% of total road transport fuel consumption. Around 85% of this amount came from ethanol, and the remainder from biodiesel.

The global potential of conventional biofuels is limited by the availability of suitable land for crops and the high cost of most conventional technologies. For this reason there is intense interest both in finding ways to use a larger percentage of the plants currently used for fuel production and a much wider range of feedstocks; i.e. using alternative crops such as *Jatropha*, that do not necessarily need the intensive management and quality soils that food crops require. This is why the hopes of many people are set on developing second-generation biofuels.

The technical challenge that appears at the heart of this strategy is finding ways to convert cellulose (an

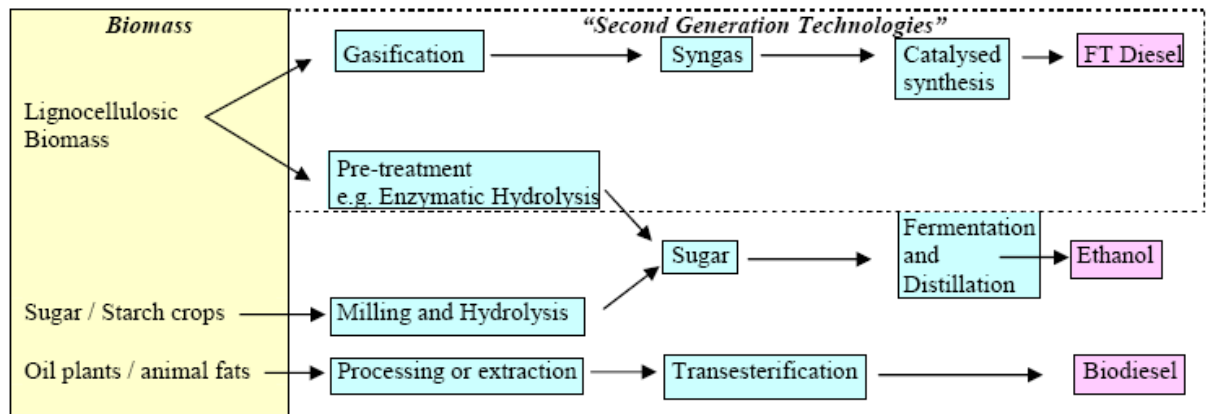


Figure 1. Fuel production pathways

Source: adapted from BMU (2006) and Hamelinck and Faaij (2006)

organic compound) into sugars that can then be converted to ethanol. Cellulose is found in a wide variety of biomass sources, including fast-growing grasses or trees, crop or forest residues, and even paper waste. An important advantage of plants high in cellulose is that they could be grown on marginally productive or degraded land unsuitable for food crop production and that residues of the plant not suitable for food production can be used. Significant technological hurdles remain, however, before ethanol can be produced from ligno-cellulosic feedstocks on a large scale. Breaking down the cellulose molecules into fermentable sugars, and doing it cheaply, is the biggest challenge. One promising method uses enzymes; others use heat or acids.

Second-generation approaches to producing diesel-substitute fuels would provide another possible route. These technologies differ radically from the transesterification process. One involves the gasification of biomass and the further transformation of the gas to a liquid. Using this process, wood, straw or other biomass sources can be turned into a syngas before being converted into a liquid fuel by means of the “Fischer-Tropsch Process” (biomass-to-liquids or BTL). In this way the energy of the entire above-ground plant can be utilised -which is not the case for biodiesel production from oilseeds. The most important barrier for biodiesel currently is its higher cost of production compared with ethanol, with few prospects on the horizon for technological breakthroughs that would lead to substantial cost reductions. BTL synthesis looks more promising than biodiesel, but major technological advances would be needed to bring down its cost (IEA, 2006a).

Although second-generation technologies are still in the emerging stage commercially, their basic production pathways have been around for decades. What is giving the technology new impetus is the urgent need to develop transportation fuels with much lower GHG emissions and land use intensity than their fossil-fuel and first-generation biofuel alternatives. What is standing in their way is cost.

The roles and prospects of genetic engineering are worth touching upon briefly. Genetically engineered

crops have genes from other species inserted or substituted in their genomes to give the plants different, more favourable characteristics with respect to biomass yields, starch or oil output, fertilizer requirements or improved resistance to pests (IEA, 2005). To avoid the kind of adverse public reaction that frequently accompanies the modification of food crops, plant scientists may focus on altering the genes of dedicated energy crops, such as switchgrass. Research on genetically modifying grasses and trees is less developed than for crops and efforts are focussed on mapping gene sequences and developing ideas for practical applications. In most analyses (IEA, 2005; Fischer and Schrattenholtzer, 2001) an agricultural yield increase of around 1% per annum is assumed possible (leading to a 60% increase in agricultural productivity by 2050 based on extrapolation of slightly lower historical improvement rates). The open question for genetic engineering is; will it allow plant yields to rise faster than this projected 1% annual yield increase, or will it become a necessary tool for sustaining this high improvement rate?

Two other general observations regarding the global technical potential of bioenergy to meet future energy demands must be remembered. These concern the low power and energy density of biomass derived fuels as pointed out by Smil (2003). Power density refers to the rate of energy production per unit of the earth's area and is usually expressed in watts per square meter (W/m^2). Biomass has a low energy density that ranges from only $0.01 W/m^2$ for burning wood through to a maximum $1.2 W/m^2$ for intensively managed tree plantations. By comparison, fossil fuels are commonly produced with power densities of 1000 to 10 000 W/m^2 and hence only small land areas are needed to supply enormous energy flows. Of all renewables the power density from biomass via photosynthesis offers the lowest power density and thus requires the largest areas of land. Harvesting sunlight to produce electricity is for example already an order of magnitude more efficient ($10 W/m^2$).

Energy density is the amount of energy contained in a unit of fuel. Air-dry crop residues, for example, contain a maximum of 15 megajoules per kilogram

(MJ/kg) whereas the energy of crude oil hovers around 40 MJ/kg. The implication is that to replace 1 unit of fossil fuels, 1.5 units of plant-derived ethanol would be needed, which will have to be reflected in the extent, cost and operations of the needed infrastructure. Both factors, power and energy density, provide permanent physical limits to the extent to which biofuels can replace fossil fuels.

Global biomass potential and biofuels

Several institutions and scientists have tried to assess the global potential for biofuels production. The key

questions that are addressed in these studies are: how much land could be made available for energy biomass (given the required rise in food production in the coming decades), how much could agricultural productivity (tonnes per hectare) rise, what other biomass residues and wastes could be used, and what can be expected from increases in conversion efficiency (yield per tonnes of feedstock)? Land available for dedicated crop production in 2050.

Several reports issued over the last couple of years have examined the land requirements for bioenergy in depth. The discussion here draws heavily on the work of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and the International Institute

	total land surface	land with potential for rainfed cultivation	potential land under forest	land already in use for agriculture (arable land)	additional land needed for food, housing and infrastructure until 2030/50 ^a	gross additional land available	additional land potentially available
	(-)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=(1)-(2)-(3)-(4)	(5) * (1 - % needed for grassland)
North America	2.1	0.4	0.1	0.2	0.0	0.00	0.00 (0%)
South and Central America	2.0	0.9	0.3	0.1	0.1	0.25	0.25 (0%)
Europe and Russia	2.3	0.5	0.1	0.2	0.0	0.08	0.04 (50%)
Africa	3.0	0.9	0.1	0.2	0.1	0.44	0.18 (60%)
Asia	3.1	0.5	0.0	0.6	0.1	-0.07 ^b	-0.07 (n/a)
Oceania	0.9	0.1	0.0	0.1	0.0	0.04	0.04 (0%)
World Total	13.4	3.3	0.8^c	1.5^c	0.3	0.74	0.44

- a. Most studies assume that only a small fraction of additional land is needed to feed the world's growing population — from 6.5 billion people at present to 9 billion people in 2050 — and that most of the increase in food requirements will be met by an increase in agricultural productivity.⁶ Here it is assumed that 0.2 Gha is needed for additional food production (based on Fisher and Schratzenholzer, 2001 where a yearly increase in agricultural productivity of 1.1% is assumed); the remainder (roughly 0.1 Gha) is needed for additional housing and infrastructure.
- b. A negative number is shown here as more land is cultivated than potentially available for rain-fed cultivation because of irrigation. The negative land available has not been rounded to zero because food imports are likely to be needed from other region with implications on their land use.
- c. Numbers in this column don't add up because of rounding.

Table 1. Potentially available land for energy biomass production in 2050 (in Gha)

for Applied Systems Analysis (IIASA). The IIASA study (Fisher *et al.*, 2000) estimates the maximum available area that could be used for rain-fed cultivation (cropland), drawing on an inventory of land resources and their biophysical limitations and potentials. It concludes that less than one-quarter of the global land surface could be used for rain-fed crop cultivation. The other three quarters (10.5 Gha) are either too cold (13%), too dry (27%), too steep (12%), or constrained by unfavourable soil conditions (about 65%).

Table 1 shows the land with cultivation potential by region in Column 1. From the land suitable for rain-fed cultivation is subtracted forested land, land already in use for agriculture, and the increase in land needed to feed and accommodate the world's growing population. The worldwide "gross" available land for dedicated energy crops would then amount to roughly 0.7 Gha (Column 5).

However, it is far too optimistic to assume that 0.7 Gha is available for additional dedicated bioenergy crops (in 2004 only 0.01 Gha was used for the production of biofuels). Currently, virtually all of the Earth's land surface is already in use. From the 13.4 Gha of the global surface 1.5 Gha is used as arable land, 3.5 Gha is used as grass land, 0.2 Gha is used for urban settlements, 3.9 Gha is forest and the remaining 4.2 Gha consists of desert, mountains and otherwise land that is unsuitable for productive use.

Most of the 0.7 Gha that was calculated as potentially available is currently in use as grassland for livestock production. Livestock production remains the world's largest land user, as diet preference trends towards more animal products. As an illustration, if everybody in the world were to eat a western diet of 80 kg of meat per year, then 2.5 Gha of additional cultivated land would be needed to provide sufficient feed crops (Naylor *et al.*, 2005). That is half of the 5 Gha of land that is currently under management as arable (1.5 Gha) and grassland (3.5 Gha). On the other side of the ledger there is a trend towards large-scale intensive indoor operations fed mainly on bought-in feed from least-cost international markets that might relieve some of the pressure on grasslands.

The results of Bouwman *et al.* (2005), as reported in Hoogwijk *et al.* (2005), are used in Table 1 to correct the "gross" estimate for the extensive grassland area that will remain to be needed for cattle grazing in different regions of the world.

The conclusion from this back-of-the-envelope analysis is that 0.44 Gha should be seen as the technical upper limit to what could be made available for dedicated bio-energy crop production in 2050. The potential for expansion is mainly concentrated in Africa and South and Central America. More than 80% of additional cultivable land is located in these two regions, and about half of this land is concentrated in just seven countries – Angola, Democratic Republic of Congo, Sudan, Argentina, Bolivia, Brazil and Colombia (Fischer *et al.*, 2006). However, unutilised land in sub-Saharan Africa faces a number of obstacles before it can be profitably brought into production, including poor infrastructure, underdeveloped financial markets, and a hostile investment climate on account of (often inappropriate) government policies (Kojima, 2007). In other regions, the potential is either very limited or negative (dependent on imports). The overall estimate of potential land compares reasonable well with the average of 0.59 Gha calculated from 11 studies (out of a total of 17) reviewed in Berndes *et al.* (2003); and which includes some very optimistic analysis.

These estimates should be viewed with caution. As the FAO (2000) warns, the models used to calculate land availability tend to over-estimate the amount of land that could be used for agriculture and underestimate the area of land that is already in use (by 10-20%). Moreover, in practice it is often extremely difficult to make land that is technically available for agriculture actually available in practice. Other competing demands will exist that put constraints on future changes in land use. Increasing demand for natural fibres and other materials, for foods grown less intensively or using organic production methods, for conservation of ecosystems and biodiversity, and for carbon sequestration, can all be expected to reduce the land available at a given rental cost. In short, competition for arable land among food, fibre, bio-materials and energy production cannot be avoided.

Some analyses (Hoogwijk *et al.*, 2003) have suggested high-quality arable land can be reserved for food production, whereas energy crops should be cultivated on land of lower quality, including set-aside land in places like Europe and poorly managed and degraded land elsewhere. However, this option will be severely limited by the shortage of water resources in some regions and the increase of land degradation and desertification. Water supply is already under stress (Brown, 2007). There is a limited potential for the expansion of irrigation onto land unsuited for rainfall cultivation, as large volumes of water are needed and many regions in the dry zones are already experiencing water shortages. The practicality of given priority to food production on high-quality land should also be questioned as land allocation for marketable commodities will (more or less) happen in the way that maximises net private benefits to the land users (WWF, 2006).

Primary energy from dedicated energy crops

After determining the land that could be made available for the growing of bio-energy crops, on the other side of the ledger is determining the agricultural yield on this land that could be achieved. This is an additional reason for the widely diverging projections of the potential for primary energy from biomass as many different yields are used to calculate the tonnes of oven-dry feedstock that can be produced per hectare. They range from 54 GJ/ha/yr to 330 GJ/ha/yr in 2050 or wider.

Actual progress will depend on the development of agricultural productivity influenced by among others technological developments such as genetic engineering and improved harvesting methods. In Europe, annual yields of 20-30 oven-dry tonnes per hectare (odt/ha) are the limit that sunlight, rainfall and climate permit, with adequate water and nutrients. In tropical regions, yields of up to 50 odt/ha can be achieved. Given the large areas of moderately productive land included in the land estimates, and following the IEA, this paper assumes an average yield of 10 odt produced from a hectare with an energy content of 19 GJ/odt -i.e. 190 GJ/ha/yr of primary energy. This results in an estimate of approximately

110 EJ that could potentially be produced from the 0.44 Gha that is available for dedicated bioenergy crop production (Column 1 in Table 2).

The potential of marginal and degraded land is not explicitly taken into account in the estimation of the biomass potential presented here, as no reliable estimates exist on how much of this land could potentially be used in addition to existing cultivated land. The technical potential might be in the order of 29-39 EJ (based on a review of studies in Hoogwijk *et al.*, 2003); however, there may be some double counting with our estimate as reported above.

Bioenergy potential from residues and 'wastes'

The feedstocks for biofuels include not only biomass harvested from dedicated agricultural land and crops but also potentially (with second-generation technologies), agricultural and forest residues, animal, organic and material waste.

The size of useable agricultural residues depends both on the total agricultural area in use as well as the type of production system. Extensive production systems require re-use of residues to provide recycling of nutrients and hence help maintain soil fertility. Because it is assumed that agricultural productivity increases by roughly 1% a year to feed the growing world population, part of this productivity increase is expected to be met by a greater use of plant residues, thus fewer residues will be available for use as energy. Numerous studies have shown that only a fraction — typically 25% to 33% of the technically available crop residues from grasses or corn — can be harvested from the land in a sustainable manner (e.g. Wallace *et al.*, 2007). Furthermore, yields from residues will vary among regions depending on the crop, soil quality, climate and water availability. The yields calculated by Fischer and Schratzenholzer (2001) for crop residues by world region are used here.

The sustainable energy potential of the world's forests is uncertain. World demand for wood as a raw material (excluding energy) is projected to grow by 25% between 2005 and 2050. New uses of forest products, including residues -e.g. fibre, fertilizer and

even fodder- are constantly being developed (Hoogwijk *et al.*, 2005). Where forests are managed sustainably, many of the forest residues are left on the ground -to protect the soil from erosion, to enrich the soil, and to provide habitat for wildlife. Furthermore, the energy potential of wood is restricted to distances of less than 200 km between production and consumption. Fischer and Schrattenholzer (2001) take these factors into account when estimating the potential from wood residues (Table 2).

The cost of collecting animal and organic waste is the most important cost element for these types of feedstocks. At the same time, the technology that is needed to burn and convert these wastes to useable fuel is characterized by significant economies of scale. The economics of the logistical and conversion part of the production of biofuels from this feedstock thus work in opposite directions (decentralization versus centralization). In the words of Exxon Chairman, Rex W. Tillerson, “The bigger challenge [for second generation biofuels] though, again, is the massive amounts of material that you have to gather up. Switchgrass, or whatever you want to use, you’ve got to collect a lot of material, take it to a central

location to be processed -and the amount of material that you have to move around is enormous to generate anything of scale”. This inherent difficulty in the use of waste material is the reason for the assumption that biomass waste will only be available in niche markets where material will already be on site or in the direct neighborhood. The global potential in this analysis therefore equals the lower estimates of the global technical potential in other studies summarized in Hoogwijk *et al.* (2003).

Table 2 shows that the primary energy supply for heat, electricity and transport that could technically be produced from the biomass potential is roughly 245 EJ. This is at the lower end of the wide range of 125-760 EJ reported in the IPCC (2007) Fourth Assessment Report and in other studies.

The useable energy in the biomass depends on the efficiency with which it can be converted. This will strongly depend on the technology that is used. Moreira (2006) for example estimates that new, highly efficient combined ethanol and electricity plants in Brazil operating on sugarcane and cellulose can operate with an efficiency of 31% for ethanol

	potential from additional land	crop residues potential	forest residues potential	animal and organic waste	total biomass potential primary energy	total biofuels potential after conversion
	(1)	(2)	(3)	(4) ^a	(5)=(1)+(2)+(3)+(4)	(6)=(5)×0.5×0.35 ^b
North America	0.7	5.0	14.3	0.5	20.5	3.6
South and Central America	62.0	4.3	16.8	0.9	84.0	14.7
Europe and Russia	10.1	5.8	16.9	1.1	33.9	5.9
Africa	43.8	6.3	18.2	1.4	69.7	12.2
Asia	-18.6	12.8	20.6	6.0	20.8	3.6
Oceania	11.2	0.6	3.8	0.1	15.7	2.7
World Total	109.2	34.8	90.6	10.0	244.6	42.8

a. As a regional distribution is not available the regional distribution is for practical reasons assumed to be proportional to population figures.

b. Assuming half the biomass is used for biofuels production and a conversion efficiency of 35% as explained in the text.

Table 2. Total (oven-dry) biomass and biofuel potential (in EJ/yr in 2050)

production and 23% for electricity (a net conversion efficiency of 54%). Ideally, such a biorefinery approach that takes advantage of the various components in biomass and maximizes the value derived from it, should be applied widely. The biorefinery concept is important for improving the economics of advanced bio-energy technologies.

Considerable amounts of biomass will be needed for power and heat generation. It is not clear what the most cost-effective allocations of biomass between transport fuel, heat and electricity are likely to be (IEA, 2005). It is unlikely that all biomass available will be used for the production of liquid biofuels. Already such competition is evident in the United States. In June 2007, a company called Green Energy Resources announced that it had recently obtained rights for over 1 million tonnes of standing timber in the south-east United States and had options on storm-damaged wood generated from future hurricanes. This wood will be destined not for production of ethanol, but to supply the 25-30 new wood-fired power plants planned for the New England states by 2010. Green Energy Resources predicts that prices for woodchips, currently between \$25-32 per tonne, will reach \$50 per tonne by the middle of 2008.

Although cogeneration allows for simultaneous production of biofuels and electricity, it is not always possible. Some will argue that from a strategic point of view, the preferred use of biomass should be for transportation fuel, as clean alternatives for transport fuel are more readily available for electricity generation (wind, nuclear, solar, CCS). This argument is not very convincing, as in almost any conceivable future scenario fossil fuels will still be providing more than 50% of the world's generating capacity in 2050. Using less biomass in electricity generation means using more fossil fuels. The proper economic criteria should be the marginal abatement cost per tonne of CO₂ for either biofuels production, heat or electricity generation that will be determined by the market. Finally, from a biorefinery viewpoint, lignocellulosic feedstock would be split so that roughly one-third to half of the feedstock would be applied to electricity, while the remainder would be put to biofuel production.

A reasonable assumption seems to be that half of the available surplus biomass will be used for electricity and heat, and half for the production of biofuels. Furthermore, we assumed that the conversion efficiency of all biofuel technologies had the high efficiency of ethanol from sugarcane and therefore used 35% as a conversion factor in Table 2. In this way an upper limit for the potential of biofuel in 2050 is calculated, which comes down to around 43 EJ. This would mean biofuels could provide roughly 23% of the 190 EJ demand for liquid fuels in 2050 as foreseen in the IEA's baseline scenario (IEA 2006a). However, that is without taking the economics of biofuels into account.

Climate change mitigation potential

An assessment of the possibilities to reduce GHG emissions via biofuels requires that the performance characteristics throughout the full fuel cycle, from "well-to-wheels", must be taken into account. Research on the net GHG reduction impacts of biofuels is progressing but is far from conclusive. In some cases, emissions may be as high or higher than the net GHG emissions from gasoline vehicles. In other cases they reduce GHG emissions substantially.

The complexity of the assessment is easily understood when reflecting on the many different elements that must be included in the analyses: the type of crop, the amount and type of energy embedded in the fertilizer used to grow the crop and in the water used, emissions from fertilizer production, the resulting crop yield, the energy used in gathering and transporting the feedstock to the biorefinery, alternative land uses, and the energy intensity and fuel types used in the conversion process (IEA 2006b). Nevertheless, the general picture that seems to emerge suggests a certain ranking between the different technologies (Fig. 2).

The best performance is achieved by ethanol from sugarcane in Brazil with the potential to reduce total life-cycle GHG emissions by up to 90% compared with the consumption of an equivalent amount of

gasoline. Ethanol from cellulosic feedstocks follows, with typical estimates placing their reduction in the range of 70 to 90% (IEA, 2006a). In some cases, the savings could approach and even exceed 100% with, for example, the cogeneration of electricity that displaces coal-fired electricity from the grid. However, it is important to keep in mind that these estimates mainly come from engineering studies and only a few largescale production facilities from which empirically derived data can be obtained.

Next in line are ethanol from sugar beets and biodiesel, with GHG reductions of roughly 40% to 50%. Finally, ethanol from starchy grains yields the smallest GHG reduction. Farrell *et al.* (2006) compared several reports published on maize (corn) ethanol production in the US and concluded that the “best point estimate” would be a reduction of GHG emissions of only 13% because fossil fuels are used as a fuel in the production process and the energy inputs are almost 80% of the energy output. Even then, to arrive at those ratios one has to assign a “credit” to the major co-product of grain-based ethanol: dried distillers grains with solubles (DDGS). Although ethanol from maize comes in last with respect to its GHG balance, it is expected to take first place in terms of market share in 2007 (around 40%) due to strong US production.

Here it is assumed that biofuels being produced in 2050 will reduce GHG by 90% over their total life cycle compared with gasoline (arguably an overambitious assumption given that all biofuels should in that case come from sugarcane and cellulosic ethanol). This, together with a market share of biofuels in the transportation sector of 24% (as calculated in section 2.2), gives a potential for biofuels to reduce global energy-related CO₂ emissions in 2050 by roughly 4.5% or 2.5 Gt of CO₂. Limiting global warming to 2-3° C would require a reduction of annual global energy-related CO₂-equivalent emissions of roughly 39 Gt of CO₂ in 2050 (Stern, 2006; IEA, 2006a).

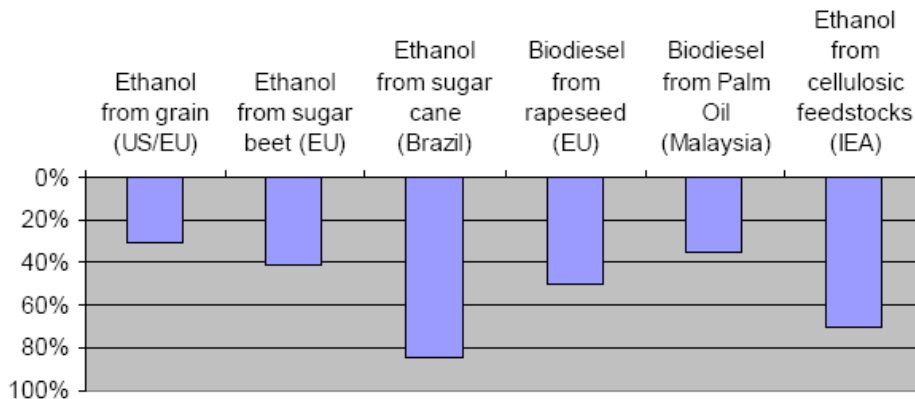


Figure 2. Range of estimated GHG Reductions from Biofuels compared with gasoline and mineral diesel
 Source: IEA, 2005 and EMPA (biodiesel from Palm oil)
 Note: Reduction in well-to-wheels CO₂-equivalent GHG emissions per kilometer

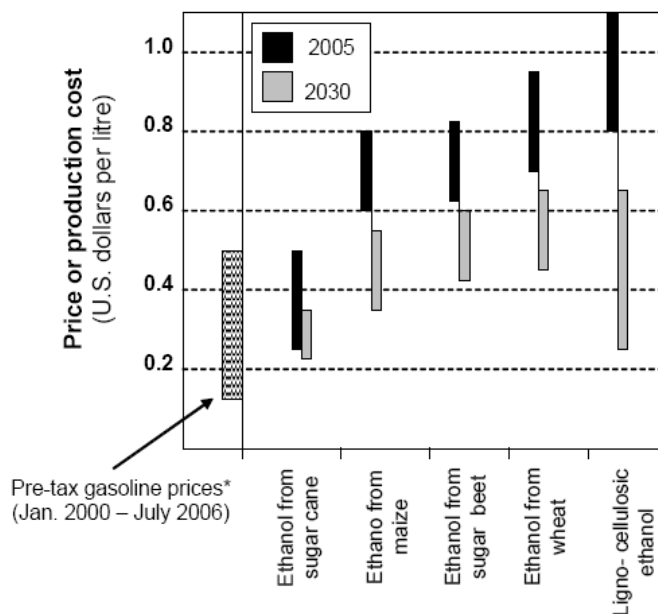
III. The economic potential for biofuels

Up to this point in the discussion, questions of costs and prices have been largely ignored. With the exception of Brazil, biofuels are not competitive with oil prices around \$70 per barrel without extensive government support. Moreover, the factors that limit their technical potential also strongly influence the long-term economics of biofuels. More than half of the production cost of biofuels is determined by the price of the feedstock. Given the enormous requirements for land and the competition with food and fibre, feedstock prices may not decline as much as is often assumed. This could perhaps already be seen in Brazil, a country with -relatively- ample space for

agricultural production, where prices for land and feedstocks have gone up in response to the increased demand for biofuels.

Costs of ethanol

Current and projected future costs of producing ethanol from different feedstocks were calculated by the IEA (2006b) (Fig. 3). Brazil's costs, at \$0.20 per litre (\$0.30 per litre of gasoline equivalent) for ethanol produced in new plants, are the lowest in the world. Even before the recent rise in maize prices in the United States, grain-based ethanol cost some 50% more to produce than cane-based ethanol in Brazil, and 100% more than in the EU. These costs do not include the costs of transporting, splash blending and



* Based on monthly average import prices for crude oil into the IEA region, crude oil import prices varied between \$20 and \$70 per barrel in this period.

Figure 3. Current and projected future ethanol production costs, compared with recent (pre-tax) gasoline prices / litre of gasoline equivalent
 Source: Adapted from IEA (2006), Figure 14.7.

Note: Cost estimates exclude from consideration subsidies to crops or to the biofuel itself

distributing ethanol, however, which can easily add another \$0.20 per litre at the pump.

According to the IEA (2006b), “further incremental cost reductions can be expected, particularly through large-scale processing plants, but no breakthroughs in technology that would bring costs down dramatically are likely.” They foresee such technological improvements helping to reduce costs by one third between 2005 and 2030, in part driven by reductions in the costs of feedstocks. Whereas they project feedstock costs declining by around one-quarter in the EU, and one-third in Brazil, they assume that net feedstock costs will shrink by more than half in the United States. In all cases, the IEA assumed current rates of subsidies to crops and ethanol production remain in place.

Expecting feedstock costs in the EU to fall over the next 25 years is not an unreasonable assumption, given changes in policies (notably the elimination of export subsidies for sugar) and improvements in plant genetics that could put downward pressure on costs. Yet with pressure on commodities to feed a growing world population, uncertain changes in yields caused by global climate change, and increased demand for biomass for fuels, relative prices for feedstocks could well rise significantly. Already between 2005 and May 2007 prices for key ethanol feedstocks rose by between 6% and 68% in nominal terms (Table 3), with the largest proportional in-

crease being observed for maize. Certainly spot prices can be expected to remain volatile. At its peak in February 2006, for example, the reference price for sugar was more than twice its lowest value only nine months earlier.

It bears stressing that while the cash costs of producing sugar in Brazil, maize in the United States or wheat in Argentina or Canada will be lower than the international prices shown in Table 3, what matters is the opportunity cost of diverting these feedstocks to ethanol production, as opposed to selling them to other buyers. Studies of the costs of producing biofuels must make assumptions about the price of the feedstock biomass as well as the price that the fuel will fetch in the market.

Cost of Biodiesel

In OECD countries, some plants using the transesterification process to produce biodiesel have used low-value oils, such as used cooking oil (also known as “yellow grease”), fish oil or tallow. Because of the limited nature of the supply of yellow grease, these plants rarely exceed annual capacities of 30 million litres, and most have capacities of 5 million litres per year or less. As low-cost supplies of these fats are exhausted, additional capacity has to be based on virgin oils. Over the long run, it is the cost of procur-

commodity	average price for 2005 (USD/tonne)	peak price since May 2005 (USD/tonne and week ending)	peak price since May 2005 (USD/tonne and week ending)	percentage change, nominal terms, 2005 to mid-May 2007
sugar ¹	218	406 (03.02.06)	231	6%
maize ²	109	203 (23.02.07)	183	68%
wheat ³	150	229 (20.10.06)	191	27%

1 Based on weekly averages of International Sugar Organization (ISO) daily price, expressed in US cents per pound.

2 US No.2, Yellow, price at US Gulf ports (Friday quotations), expressed in \$per short ton.

3 US No.2, Soft Red Winter Wheat , price at US Gulf ports (Tuesday quotations).

Table 3. Reference international commodity prices for sugar, maize and wheat, 2005-2007
 Source: Data from Food and Agricultural Organization of the United Nations, “International Commodity Prices”.
<http://www.fao.org/es/esc/prices> (accessed on 22 May 2007)

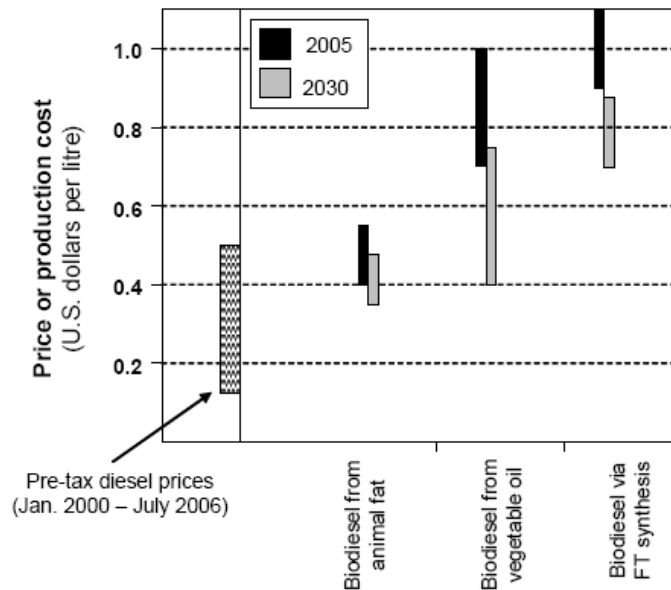
ing virgin vegetable oils that largely determines the cost of producing biodiesel. Generally biodiesel made from palm oil costs less to produce than from soybean oil or rapeseed oil, defining respectively the two ends of the range of costs shown in Fig. 4.

The IEA (2006b) is less bullish on further incremental cost reductions in the conventional, noting that there “remains some scope for reducing the unit cost of conventional biodiesel production by building bigger plants. But technological breakthroughs on the standard transesterification process, leading to substantial cost reductions in the future, are unlikely.” They foresee production costs falling by up to 37% between 2005 and 2030 in the United States (to around \$0.33 per litre of diesel equivalent), and by up to 32% in the EU. Again, these projections assume net costs of feedstocks falling by around one-third in real terms over the projection period.

As with feedstocks for ethanol production, the prices of feedstocks for biodiesel production have been heading in the opposite direction since the IEA’s cost estimates were produced. Between 2005 and February 2007, international reference prices for rapeseed oil, soybean oil, and crude palm oil rose, respectively, by 19%, 29% and 43% in nominal terms (Table 4). The price rises have been more monotonic, exhibiting less volatility than the prices for sugars and grains over the same period.

Second-generation biofuels

For the reasons discussed above, an explicit assumption behind government plans for large-scale displacement of petroleum fuels by biofuels must be



* Based on monthly average import prices for crude oil into the IEA region, crude oil import prices varied between \$20 and \$70 per barrel in this period.

Figure 4. Current and projected future biodiesel production costs, compared with recent (pre-tax) gasoline prices

Source: Adapted from IEA (2006), Figure 14.7.

Note: Cost estimates exclude from consideration subsidies to crops or to the biofuel itself

that the expansion of biofuels derived from starch, sugars or plant oils will hit a limit within the next decade or so. Any increase in supplies beyond that will have to come from second-generation technologies and feedstocks.

Demonstration plants have already been built to produce ethanol from ligno-cellulosic materials, but production costs are high, generally around \$1.00 per litre on a gasoline-equivalent basis (Fig. 3). Hundreds of millions of dollars have already been spent by both governments and private industry on research to bring down those costs. Most of these efforts are focussing on the front end of the process, the breaking down (through enzymes or microbes) of lignin, cellulose or hemi-cellulose (the building blocks of ligno-cellulosic biomass) into a form that can then be fermented, and increasing the ethanol contented in the fermented broth, so as to reduce the energy needed in the distillation stage.

Because of the rapid pace of technological developments, and uncertainty over the long-run costs of feedstock, projections of the probable future costs of producing ethanol from ligno-cellulosic materials vary widely. The IEA (2006a) notes that its costs are expected to fall in the long term to \$0.50 per litre of gasoline equivalent, due to achievement of better ethanol concentrations before the distillation, lower costs for enhanced enzymes (resulting from biotechnological research) and improved separation tech-

niques. All of these advances need technological breakthroughs. However, some pioneer companies and researchers claim progress might follow a quicker pace. In May 2007, Dedini SA, Brazil's leading manufacturer of sugar and biofuel equipment, announced for example that it had developed a way to produce cellulosic ethanol on an industrial scale from bagasse (Biopact team, 2007) at a cash cost of below \$0.41 per litre on a gasoline equivalent basis. Others expect an improved competitiveness from successful biorefinery of lingo-cellulosic feedstock that would have an associated array of valuable co-products that could reduce feedstock costs.

As with cellulosic ethanol, a considerable amount of research is being devoted to reduce the costs of producing diesel from biomass, using the Fischer-Tropsch process. The focus is on breaking down biomass into gas with heat or chemicals rather than with microbes. The Fischer-Tropsch process allows higher yields per hectare than biodiesel based on oil-seed crops. Production cost for large-scale plants are estimated to be around \$0.9 per litre of diesel equivalent, declining to \$0.7-0.8 in the medium term (IEA 2006a). Thermo-chemical production of ethanol is also being evaluated at the commercial scale.

In addition to favorable technological breakthroughs, cost reductions are also expected from the scaling up of production facilities. However, large manufacturing plants imply procuring biomass from over a wide

commodity	average price for 2005 (USD/tonne)	peak price since May 2005 (USD/tonne and month)	average price, January-February 2007 (USD/tonne)	percentage change, nominal terms, 2005 to avg.-2007 to date
rapeseed oil ¹	669	856 (12.06)	800	19%
soybean oil ²	545	714 (02.07)	706	29%
crude palm oil ³	422	605 (02.07)	602	43%

1 Monthly averages of ex-mill price (f.o.b.), Netherlands.

2 Monthly averages of ex-mill price (f.o.b.), Netherlands.

3 Monthly averages of import price (c.i.f.), north-west Europe.

Table 4. Reference international commodity prices for rapeseed oil, soybean oil and crude palm oil, 2005-2007
 Source: Data from Food and Agricultural Organization of the United Nations, "International Commodity Prices".
<http://www.fao.org/es/esc/prices> (accessed on 22 May 2007)

area — as noted earlier, a logistical and economic challenge. Moreover, most analyses of the procurement cost of the biomass feedstock undertaken to date focus on actual production costs, either without taking into account the rental value of the land or assuming a low value for it.

A long term perspective on biofuels

In the IEA business-as-usual (reference) scenario (IEA, 2006b), energy demand in the transport sector grows strongly, by 136% between 2005 and 2050 to almost 190 EJ (4.500 Mtoe). The share of the transportation sector in total emissions remains at around 20% of total energy-related CO₂ emissions, however, and biofuels contribute in this scenario 3% of the total transport fuel demand.

In the IEA's alternative "policy rich" scenario, biofuels are assumed to supply 7% of road-fuel use in 2030. The most important assumption underlying this relatively favourable development is the decreasing cost relative to fossil fuel alternatives and consistent government support in the form of subsidies and mandatory targets. Because of the significant challenges that remain for second-generation technologies to become commercially viable the IEA does not expect these to come on stream before 2030. However, if this were to happen, biofuels could play a bigger role than foreseen.

The IEA has also investigated the potential of second-generation technologies in an aggressive CO₂ reduction MAP scenario out to 2050 (IEA, 2006a). It considers that biofuels could meet up to 13% of transport fuel demand in 2050. If that target could be met, the avoided CO₂ reduction from increased biofuels would be almost 1.8 Gt (or 3% of energy related CO₂ emissions in a business-as-usual scenario). Though ambitious, this estimate is lower than the one contained in Section 2.3 (2.5 Gt of CO₂ emissions avoided, as economic factors have not been taken into account). To reach the IEA's estimate, virtually all biofuels must come from second-generation etha-

nol sources and sugarcane. All other first-generation technologies are assumed to have been phased out.

But biofuels will not be competing alone with traditional petroleum products. Liquid fuels from alternative sources, such as oil from tar sands and coal-to-liquid fuels, will also be vying for market share. Investments in both technologies have been growing quickly in recent years, and can already match the price of petroleum products when the oil price exceeds, respectively, USD 25 or USD 40 per barrel. Furthermore, they are also competing for the same subsidies and tax breaks in the United States. Despite strong opposition from environmental groups, several bills put before the US Congress in 2007 proposed support for major coal-to-liquid plants -e.g. a tax credit of \$0.14 per litre and automatic subsidies if oil prices were to drop below \$40 per barrel.

The analysis up to this point suggests that biofuels can make a modest but useful part in mitigating climate change. However, this conclusion is based on several assumptions that need further analysis to be sustained:

- fierce competition with agricultural and food production can be avoided in a sense that feedstock prices will be able to further decline;
- trade in biofuels will be liberalised, allowing production technologies in terms of cost and GHG balance; and
- that the assumed net environmental benefits for biofuels can be confirmed.

Before examining these assumptions in more detail, those government policies that presently influence biofuel production are outlined.

IV. What government policies influence biofuels production and prices?

Government policies play a large role in the financial attractiveness of biofuels production and trade. Quantifying and assessing these policies is not an easy task because of the huge array of different policies in place that influence biofuel costs and prices. While subsidies are most commonly thought of as cash payments to a particular person or corporation, this definition misses most of the ways that governments transfer value to private entities. A wide range of policies, including special reductions, commonly required payments (such as tax breaks) or risk internalisation (such as unrealistically low insurance re-

quirements) are used to provide benefits to specific groups (OECD, 2007). The Global Subsidies Initiative has applied a framework to analyse support levels at different points in the supply chain for biofuels, from production of feedstock crops to final consumers (Fig. 5).

At the beginning of the supply chain are subsidies to what economists call “intermediate inputs” -goods and services that are consumed in the production process. The largest of these are subsidies to producers of feedstock crops used to make biofuels. In some countries, the crop subsidies are small enough that they are only wealth transfers and do not materially affect supply or prices. In others, border protection raises the domestic prices of the crops above international prices, thereby effectively taxing consumers of those crops, including biofuel producers. Some countries compensate for these “taxes” on the input feed-

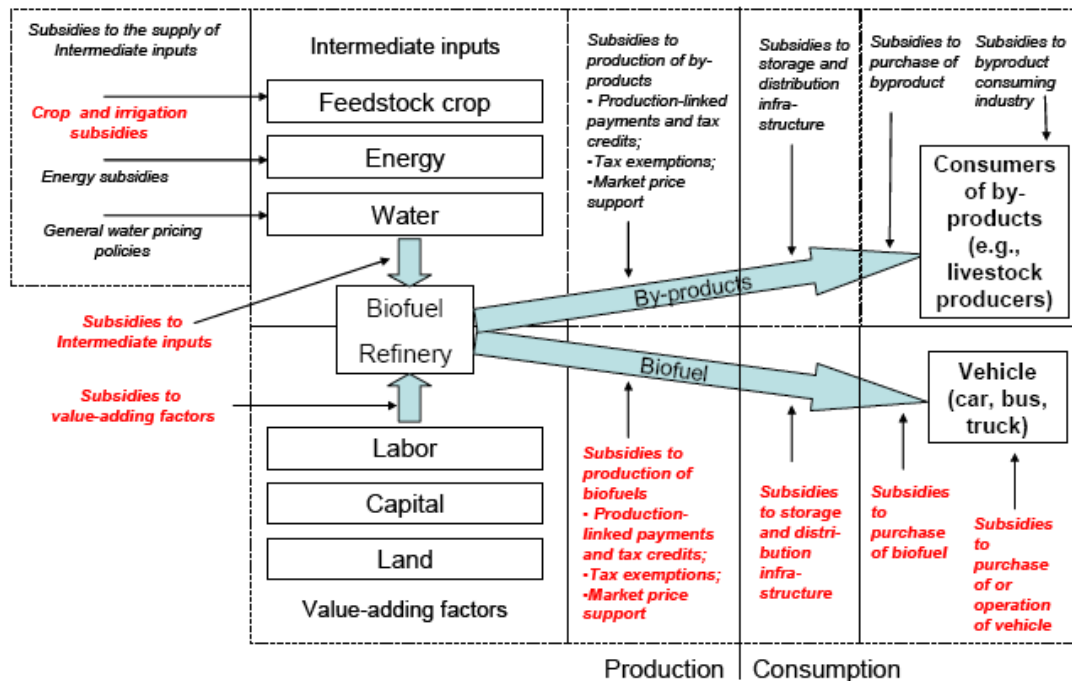


Figure 5. Subsidies provided at different points in the biofuel supply chain
Source: Global Subsidies Initiative. Steenblik and Simón (2007).

stocks by providing countervailing subsidies to bio-fuel producers.

Subsidies to intermediate inputs are often complemented by subsidies to value-adding factors -capital goods, labor employed directly in the production process, and land. These may take the form of grants, or reduced-cost credit, for the building of ethanol refineries and biodiesel manufacturing plants. Some localities are providing land for biofuel plants for free or at below market prices as well. These types of subsidies lower both the fixed costs and the investor risks of new plants, improving the return on investment.

Further down the chain are subsidies directly linked to output. Output-linked support includes the protection from foreign competition provided by import tariffs on ethanol and biodiesel; exemptions from fuel-excite taxes; and grants or tax credits related to the volume produced, sold or blended. Although, in a few cases, tax exemptions and subsidies have been used to actually depress biofuel (mainly ethanol) prices below the energy-equivalent cost of competing petroleum fuels, mainly they have enabled biofuels to be sold at retail prices that are roughly at parity with their (taxed) fossil-fuel counterparts.

Support to the downstream side of the biofuels market has generally been provided in one of five ways: credit to help reduce the cost of storing biofuels in between the production seasons; grants, tax credits and loans to build dedicated infrastructure for the wholesale distribution and retailing of biofuels; grants to demonstrate the feasibility of using biofuels in particular vehicle fleets (e.g. biodiesel in municipal buses); measures to reduce the cost of purchasing biofuel-capable fleets; and government procurement programmes that give preference to the purchase of biofuels.

Generally, policies that directly bear on the level of production are considered to have the greatest level

of distortion on production decisions, followed by subsidies to intermediate inputs and subsidies to value-adding factors. Because quantitative information regarding the latter two is largely unavailable and output-linked support is the most important, only output linked support is discussed here.

Current output-linked support for ethanol and biodiesel

Domestic production of biofuels is directly supported by governments through two main instruments: border protection (chiefly import tariffs) and production subsidies. Regulations mandating usage or blending percentages and fuel-tax preferences stimulate production directly as well. But whether that production occurs within a country's borders or elsewhere depends in part on the level of border protection.

The leading OECD countries producing bio-ethanol apply a most-favoured nation (MFN) tariff that adds at least 25%, or \$0.14 per litre, to the cost of imported ethanol. This will be enough in most cases (Fig. 3) to keep cheaper foreign produced ethanol from the domestic market. The United States charges a 2.5% ad valorem tariff plus an additional, \$ 0.143 per litre "secondary" duty on ethanol intended to be used as a fuel (by distinguishing between fuel ethanol and ethanol destined for beverages and other end uses). The EU applies a much lower MFN tariff of € 0.00192 per litre on undenaturised ethanol and € 0.00102 per litre on denaturised ethanol.

Taxes and subsidies can also be used to discriminate between foreign and domestic production. The AUD 0.38143 (\$0.27) per litre excise duty on ethanol applied by Australia for example is set at the same level as the federal fuel excise tax on petrol (making the effective tariff on imported ethanol one of the highest in the OECD). However, domestically-produced ethanol can qualify for a countervailing grant that completely offsets that tax. Biodiesel is subject to much lower import tariffs than ethanol; these tariffs range from 0% in Switzerland to 6.5% in the EU.

Various exemptions from the MFN tariff and tariff-rate quotas apply. Biofuels are often charged at zero or reduced duty when imported from countries with which the importing country has signed a freetrade agreement, or which are covered by their General System of Preferences (GSP).

In addition to providing border protection, several countries and sub-national governments provide direct, production-related subsidies. The leading country in the use of these subsidies is the United States, which grants a \$0.13 per litre (\$0.51 per gallon) tax credit to blenders according to the amount of pure ethanol they blend with gasoline (petrol). The US federal government also grants a similar, but higher tax credit to companies that blend biodiesel with petroleum diesel. Several US states provide their own volumetric subsidies to support in-state production of ethanol or biodiesel at rates equivalent to \$0.05 per liter (\$0.20 per pure biofuel gallon) or more. In a few cases, these subsidies are contingent on the use of feedstock produced in the same state. Biofuels subsidies continue to grow rapidly in scope and scale and are expected to soon reach \$8.3-\$11 billion a year in the United States (Koplow, 2006).

The production of biofuels in the EU is also heavily subsidized. Different tax rates apply in different

Member states; taxation on biofuels compared to excise taxes applied to fossil fuels varies from 0% to 45%. Spain and Sweden, for example, exclude biofuels from excise taxes. In other countries, such as France and The Netherlands, this is only the case up to a certain amount. Feedstocks for biofuels production also receive support under the 2003 reform of the Common Agricultural Policy. However, agricultural raw materials used for biofuel production also benefit from the more substantial support granted to traditional food crops: around \$1.6 billion for oil seed producers and around \$15 billion for cereal producers in 2004 (Jank *et al.*, 2007).

Most other countries (and some sub-national governments) support biofuel use (and therefore production, where border protection is effective) through tax preferences tied to fuel-excise taxes or sales taxes. These most commonly take the form of reductions in, or exemptions from, per-liter excise taxes normally charged on transport fuels.

Complementing many of the aforementioned production-related support measures are various targets and mandated requirements for the amount or share of designated “renewable fuels” consumed as compo-

(Continúa en la página 82)

country	type	quantity or blending share	comment
Australia	T	350 million litres by 2010	
Victoria	T	5% by 2010	Is currently considering whether to make target mandatory
EU	T	2% by 2005; 5.75% by 2010; 10% by 2020	2020 target still under discussion
Austria	T	2.5% by 2006	
France	T	7% by 2010; 10% by 2015	
Japan	T	6 billion litres by 2020	
USA (federal)	M	2.78% by volume of gasoline consumption in 2006 (4 billion gallons , or 15 GL); 7.5 billion gallons (28 GL) by 2012	Of which 0.25 billion gallons (0.95 GL) must be cellulosic ethanol in 2013. Credit rate varies by feedstock.
Iowa	T	10% by 2009; 25% by 2020	

Table 5. a Use and blending share targets (T) and mandates (M) for liquid biofuels that can be met by either ethanol or biodiesel
Source: Global Subsidies Initiative based on various sources

country	ethanol			biodiesel		
	type	quantity or blending share	year	type	quantity or blending share	year
Australia						
New South Wales	M	2%	2007	-	-	-
New South Wales	M	10%	2011	-	-	-
Queensland	M	10%	2011	-	-	-
Brazil (federal)	M	4.5%	1977	M	2%	2008
	M	20-25%	~1985	M	5%	2013
Canada (federal)	M	5%	2010	M	2%	2012
Ontario	M	5%	2007	-	none	-
Ontario	T	10%	2010	-	none	-
EU						
Czech Republic	M	2%	2008	M	2%	2007
Germany	M	3.6%	2010	M	4.4%	2007
Hungary	M	-	-	M	4.4%	2007
Netherlands	M	-	-	M	2%	2007
Romania	M					
USA						
Hawaii	M	85% of gasoline must contain 10% ethanol	2006	-	none	-
Louisiana	M	2% ¹	2006	M	2% ²	2006
Minnesota	M	20%	2013	M	2%	2005
Missouri	M	10%	2008	-	none	-
Montana	M	10% ³	2005	-	none	-
Oregon (Portland)	M	10%	2007	M	2% (10%)	2007 (2010)
Washington ⁴	M	2%	2008	M	2%	2008

- 1 Requirement starts to apply within six months after monthly production of denatured ethanol, produced in the state, equals or exceeds an annual production volume of at least 50 million US gallons (189.25 million liters). To qualify, the ethanol must be produced from domestically grown feedstock.
- 2 Requirement starts to apply within six months after monthly production of biodiesel produced in the state equals or exceeds an annual production volume of 10 million US gallons (37.85 million liters). To qualify, the biodiesel must be produced from domestically grown feedstock.
- 3 Requirement starts to apply within one year after the Montana Department of Transportation has certified that the state has produced 40 million US gallons (151.4 million liters) of ethanol and has maintained that level of production on an annualized basis for at least 3 months.
- 4 Requirement could apply earlier if a positive determination is made by the Director of the State Department of Ecology that feedstock grown in Washington State can satisfy a 2% fuel blend requirement. The biodiesel requirement would increase to 5% once in-state feedstocks and oil-seed crushing capacity can meet a 3% requirement.

Table 5.b Use and blending share targets and mandates specifically for ethanol or biodiesel
 Sources: Brazil (F.O.Licht); Canada (Litman, 2007, forthcoming); EU (Kutas and Lindberg, 2007, forthcoming)
 US (US Department of Energy, http://www.eere.energy.gov/afdc/progs/reg_matrix.cgi)

(Viene de la página 80)

nents of ethanol-petrol or biodiesel-diesel blends. Some of these targets and mandates do not discriminate by biofuel (Table 5a). Many others are specific to either ethanol or biodiesel. Tables 5.a and 5.b provide an overview.

California’s Low Carbon Fuel Standard (LCFS), established through an executive order issued by that State’s Governor in January, does not specify “renewable fuels”, but rather requires that the carbon intensity of transportation fuels sold in California be reduced by at least 10% by 2020. The plan would rely on developing an agreed method for measuring the full fuel-cycle carbon output of alternative fuels and a system of certification of the life-cycle carbon emissions of fuels, including biofuels.

A mandatory blending, volumetric or market-share target for consumption of a biofuel operates as a support mechanism when prices for petroleum fuels are cheaper than for biofuels, as it makes demand below the mandated volume inelastic. Their logic is derived from many of those used to justify other import-replacement policies -an argument that generally has little validity in an era of floating exchange rates. In most cases, biofuel mandates do not distinguish among biofuels according to their feedstocks or production methods, despite wide differences in environmental costs and benefits. The perceived advantage of portfolio targets is that they provide a stable and predictable market for a product, without touching public budgets. However, they impose costs on society as a whole, as discussed in section 6.

Subsidies to biofuels are not an isolated phenomenon, of course. They are widely spread in the energy sector and subsidies to fossil fuels are in many countries higher than those to renewable energy and nuclear power. Unfortunately, estimates of support to energy consumption and production are either incomplete or very approximate. The International Energy Agency (IEA, 2006b) recently estimated that consumption subsidies -i.e. those manifest through end-user prices for hydrocarbon fuels, coal and electricity that are lower than the reference price- are on the

order of \$250 billion a year globally: around 75% for petroleum products and natural gas, and most of the remainder for electricity.

More solid data are available for the United States (Table 6) where more than 50% of the total benefits the oil and gas sectors. Nuclear power is the next largest beneficiary at 12% for a range of subsidies aimed at new plant construction. Subsidization of ethanol is on par to support for all other renewables combined (at roughly \$6.5 billion/year), though this may be in part due to the better data availability of ethanol subsidies (Koplow, 2006).

	USD billions per year (avg. of high and low estimates)	% share
oil and gas	39	52.4
coal	8	10.5
fossil, mixed	2	3.3
total fossil	49	66.2
nuclear	9	12.4
ethanol	6	7.6
other renewables	6	7.5
conservation	2	2.1
mixed resources other	3	4.2
total	74	100.0

Table 6. Distribution of US Federal Energy Subsidies, 2006
Source: <http://www.earthtrack.net> as reported in OECD (2007)

V. What are the opportunities and barriers to international trade in biofuels (feedstock)?

Current trade in biofuels and biomass feedstock is modest compared with total production. Trade statistics must be treated with some care, but a reasonable estimate is that in 2005 trade covered about 10% of the world's biofuel consumption (Walter *et al.*, 2007). In 2005, the US, Europe and Brasil accounted for 95% of biofuels production. Canada, China and India produced most of the rest (IEA, 2006b).

With the creation of renewable-fuel targets in an increasing number of countries, biofuel trade is expected to grow for the simple reason that it is impossible to reach the ambitious targets in many countries by domestic production alone. Biofuels produced in tropical regions from sugarcane and palm oil have a considerable comparative advantage over those derived from agricultural crops in temperate zones. When water is not the limiting factor, tropical countries have two to three times higher productivity (Girard and Fallot, 2006). Tropical and subtropical

countries not only have land and climatic conditions more suitable for efficient crop production, but also their labor costs are lower than in most OECD countries. Biofuel and biomass wood chips and pellets shipping costs are small as a proportion of the total energy value of the fuel itself (IEA 2006b). The difference between production potential and demand is high in South America and to a lesser extent Africa, as these countries that have the potential to export to North America, Europe and Asia (Fig. 6). However, trade barriers and subsidies currently prevent large-scale trade from taking place.

The preference of large consumer countries to produce biofuels domestically may be prompted by a desire to provide additional opportunities for national agricultural producers or for reasons of energy security. This will in many cases seriously compromise the cost effectiveness and environmental sustainability of biofuel production. Corn and rapeseed in the US and EU will be favored despite the fact that the cost of production is significantly higher and energy return on investment lower for these annual crops than for perennial crops such as palm oil and sugarcane. International trade in biofuels would enhance economic efficiency by directing production to the

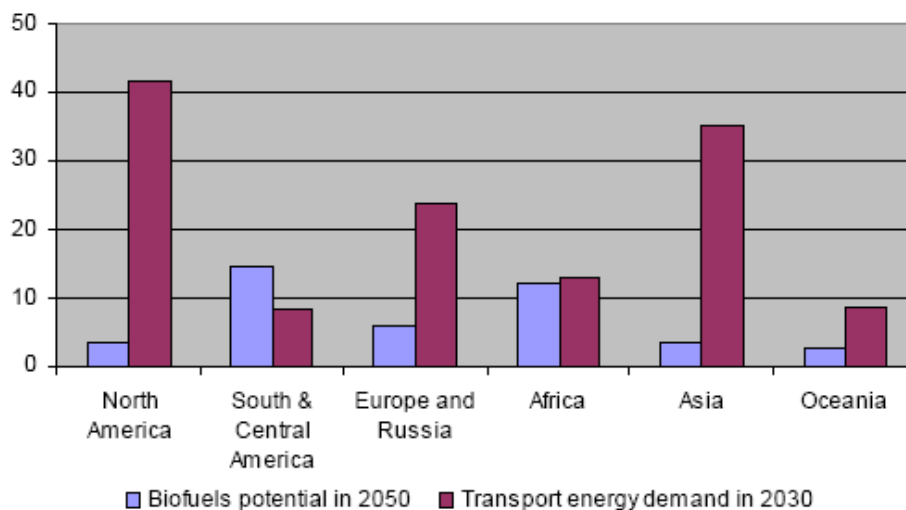


Figure 6. Technical potential of biofuels (2050) and energy demand for the transport sector in 2030
Source: IEA (2006b) for energy demand in transport sector. Biofuel potential as shown in Table 2.

most efficient locations, while at the same time taking the environmental impacts of biofuels production into account.

Trade barriers for biofuels

The barriers to trade in biofuels and biomass feedstocks can be classified under two traditional headings: tariff barriers and non-tariff barriers.

Tariff barriers

As stated earlier, for ethanol MFN tariffs range from roughly 6% to 50% in the OECD, and up to 186% in the case of India. Bound and applied tariffs on biodiesel in OECD economies are relatively low, varying between 0% and 7%. Tariffs applied by developing countries are generally between 14% and 50% (Steenblik, 2006).

The differential application of tariffs due to bilateral and regional trade arrangements and general systems of preferences can be trade-diverting. For example, prior to 1 July 2005, Pakistan benefited from Special Arrangements for Combating Drug Production and Trafficking under the EU's Generalized System of Preferences (GSP) anti-drug regime. Able to export its ethanol to the EU at zero tariff, it became the EU's second-leading foreign supplier of ethanol (Bendz, 2005). Subsequently, Pakistan was brought under the General Regime, and then as of 1 January 2006, ethanol was withdrawn from the scope of this Regime, meaning that Pakistan lost all preferences on its ethanol exports. As a result, Pakistan reported that the loss of trade had led to the closing of two of its seven operating distilleries, and that another five new distilleries would probably abandon plans to begin operations due to uncertainties in the market situation (Bendz, 2005).

A similar fate could one day befall ethanol exporters in Caribbean Basin nations, which currently benefit from a special 1983 concession that grants them tariff-free access to the US market on volumes up to 7% of US domestic consumption. Rather than produce ethanol themselves, most dehydrate ethanol imported

from Brazil, a value-adding step that meets the US requirement that products qualifying under the tariff quota be "substantially transformed" if they do not originate from the countries themselves. In the past, Caribbean Basin nations have consistently been under quota. But the prospect of exporting up to 9.3 billion liters of ethanol to the United States tariff-free (while still benefiting from the tax credit) -should President Bush's goal of using 35 billion gallons (132.5 billion liters) of alternative fuels by 2017 become mandated- is now attracting a flurry of new investment in dehydrating capacity (Etter and Millman, 2007). Almost all of this capacity would become redundant should the US Congress not renew the secondary tariff on ethanol when it expires at the end of 2008, or if it were to revoke the tariff rate quota.

Non-tariff barriers

Many non-tariff barriers, such as regulations relating to public health and safety, are recognized by the trade-policy community as essential. Other barriers, such as long delays in clearing customs because of over-bureaucratic customs and administrative-entry procedures, are regarded as generally worth streamlining. Of special interest in relation to biofuels are: government participation in trade and restrictive practices tolerated by governments, sanitary and phytosanitary measures, and technical barriers to trade.

Biofuel feedstocks, final products and vehicles designed to run on biofuels often face sanitary and phytosanitary (SPS) measures or technical regulations applied at borders. SPS measures mainly affect feedstocks which, because of their biological origin, can carry pests or pathogens (a biological infectious agent). One of the most common forms of SPS measures is a limit on pesticide residues. Even though pesticide residues are regulated mainly to ensure the safety of food and beverages, and are much less of a problem in biomass feedstocks that will undergo thermal or chemical processing, customs agents nonetheless may have no other choice than to apply the same regulations to vegetative biomass feedstocks as to crops destined for human or animal consumption, especially if they have no way of deter-

mining the product's end use. Meeting pesticide residue limits is usually not difficult, but on occasion has led to the rejection of imported shipments of crop products, especially from developing countries (OECD, 2005).

In WTO parlance, technical regulations generally refer to mandatory requirements not covered by the SPS Agreement. In the area of biofuels, these concern the chemical and physical characteristics of the final product as well as to regulations pertaining to how the biofuels or their feedstocks were produced and processed.

Regulations pertaining to the technical characteristics of liquid transport fuels, including biofuels, exist in all countries. These have been established in large part to ensure the safety of the fuels and to protect consumers from being sold fuels that could cause costly damage to vehicle engines. In this respect, fuel characteristics are less of an issue for ethanol than for biodiesel that has more variable and quality sensitive characteristics.

Increasingly more significant to biofuels trade are requirements imposed or under consideration on either feedstocks (such as palm oil) or final products that relate to non-product-related processes or production methods (PPMs) to ensure the sustainability of their production method. These are summarized as sustainability standards and regulations and will be discussed in more detail in Section 7.

Discrimination in trade on the basis of production method is highly contentious, and has been the nub of several precedent-setting trade disputes at the WTO. In relation to trade the proliferation of different standards is a cause for concern, as exporters will face increasing cost of certification and bureaucratic complexity. Fortunately, the fact that countries and non-governmental organizations seem to have acknowledged these types of potential problems early suggests that some of the barriers created by national regulation of organic standards (see OECD, 2005) may be avoided in the case of biofuels. Encouragingly, the EU, for one, has expressed its intention to apply its proposed system of certificates in a nondis-

crimatory way to domestically produced biofuels and imports. Nevertheless, the growth of sustainability standards and regulations is a continuing challenge to fair and indiscriminate trade that should be confronted with great care and a healthy wariness.

How to develop international trade in biofuels?

The European Commissioner for Trade, Mr. Peter Mandelson, stated that Europe should be open to accepting that it will need to import a large part of its biofuel supplies. Europe should, in his opinion, not favour EU production of biofuels with a weak carbon performance if it can import cheaper, cleaner, biofuels. This would argue for unilateral removal of trade barriers by the EU.

Others have argued that biofuels could be used to unlock the Doha Round trade negotiations. Production of biofuels, it is assumed, by absorbing surplus production will allow developing countries either to sell more of the commodities to the industrial North, or transform more of their commodities, such as sugar and sweet sorghum, into biofuels, for own use or for export.

Though there may be some enthusiasm that biofuels could breathe new life into the Doha Round of multilateral trade negotiations, there are major differences of opinion on the desired outcome. One scenario envisages a WTO deal on agriculture that legitimizes current and future subsidies to domestic production of ethanol and biodiesel; the other envisages reducing or bringing down barriers to trade in biofuels, including trade-distorting subsidies.

Of course, subsidies and tariffs benefiting crops used as inputs to biofuels (sugar beets, maize, wheat and oilseeds) are not the only contentious ones in the WTO. Agreement needs to be reached on how to treat continuing high levels of support for cotton, rice and livestock products (particularly dairy products). Indeed, as feed prices are driven up by diversion of crops to biofuel production, livestock producers are

finding themselves in a cost-price squeeze. It would not be surprising if they were to start demanding off-setting subsidies as well.

For the time being the obstacles for biofuels trade to expand are high, and therefore the prospects for the costs of biofuels to drop, and their potential for oil displacement (on a global basis) to increase substantially are limited.

VI. What are the consequences of current government policies?

In the sections above the potential of biofuels and government policies influencing their development have been assessed. This section will take a closer look at the consequences of described policies on agricultural markets and food prices, environmental sustainability and energy security.

Agricultural market impacts

Agricultural feedstock dominates the production costs of liquid biofuels. As a result, the market for biofuels and agricultural products are strongly entangled. Because of crop substitutability, world biofuels markets will also be related to crop markets that are not used as an input for biofuel production per se (Kojima *et al.*, 2007). All crops tend to compete for the same inputs, land, fertilizers and water (where irrigation is necessary), to find the best return on investment.

Because of these many links it is not sufficient simply to compare the cost of ethanol from sugarcane to the cost of ethanol from maize. Over time, relative positions might change. For example, when the demand for maize in the food and the animal feed market is low at the same time the demand for sugar is high, ethanol produced from maize can be less costly than ethanol from sugarcane. This happened in June 2000 when sugar prices in Brazil reached their peak. The World Bank (Kojima *et al.*, 2007) compares ethanol prices with world gasoline prices given prevailing sugar prices from January 1990 to April 2007. The results show that even in Brazil -the most cost-effective ethanol producer in the world- for most of this period turning sugar into ethanol was a lower-value use of the sugar than selling it on the world market would have been. Despite very high world petroleum prices, soaring world sugar prices made it difficult, for example, for ethanol to be more profitable than sugar during 2006.

The augmentation of the biofuels market will tend to increase the impact of the oil price on the agricultural market. Higher oil prices in general will have two effects: they will increase production costs in agriculture and as such also make the production of biofuels more expensive. At the same time, rising oil prices create incentives for biofuel production, stimulating demand for feedstock production and probably more than counter weighting the negative effect on demand from the higher production costs. The exact outcome is difficult to predict, but it will further increase the pressure on the agricultural sector.

The rapid growth of the global biofuels industry is likely to keep farm commodity prices high through the next decade as demand rises for grains, oilseeds and sugar from 2007 to 2016 (OECD/FAO, 2007). At the same time, it is likely that the prices of commodities and products that compete with the byproducts of biofuel production will decline. The OECD considers the bioenergy industry to become a key factor in the functioning of agricultural markets. Food prices are expected to rise between 20% and 50% over the next decade. This projection seems to be consistent with the development of food prices in recent years that have gone up sharply in reaction to increased biofuel production in Brazil (the world's largest sugar exporter), China, the EU and the United States (the world's largest maize exporter). However, it is opposite to the price developments projected in the models of the IEA's World Energy Outlook 2006 (IEA 2006b), which assumed a further declining price of agricultural feedstocks because of increased productivity. The reason for this discrepancy may be that the feedback effects between the agricultural and biofuels market are not modeled in the IEA's models but agricultural prices are taken exogenously. In reality, however, increased biofuels production to the target levels assumed for the EU, US, Brazil and others will instead lead to upward pressure on feedstock prices.

Furthermore, the entanglement of agricultural and biofuels markets gives further nuance to the assumption in the calculations of the long term technical potential of biomass that assume the food supply

should be secured before agricultural land can be dedicated to biofuels production. The assumption behind these calculations is that competition between food and biofuels can be avoided. In reality, energy cropping on dedicated land is in competition with food production as of day one.

This can be illustrated by looking at the land requirements of the best case (alternative policy) scenario from the World Energy Outlook, in which biofuels' share of the transport market is growing to 7%. In this case, 3.8% of all arable land in the world would be used for biofuels production. On a global scale this might appear modest, but consequences at the regional level may be much more dramatic. In Europe, for instance, the area dedicated to growing oilseeds for energy use already uses 22% of the land planted in oilseed crops. To meet the EU's target volumes for 2012 would require dedicating 84% of the area currently planted in oilseed, clearly an unrealistic outcome. Therefore, extensive imports will be needed to fill the gap (Jank *et al*, 2007).

The IEA (2005) states that at some point, probably above the 5% displacement level of gasoline and diesel fuel, biofuels production using current technologies and crop types may begin to draw substantial amounts of land away from production of crops for food, animal feed and fiber. Given the high ambitions of the EU, the US, China, Brazil and others, it is certain that without a serious change in policy the "food-versus-fuel" debate will become more acute in coming years.

Overall environmental impacts

The supposed environmental benefits of biofuels have come under increased scrutiny in recent years. A comparison with fossil fuels should not be limited to GHG emissions. Biofuels have a more positive record in respect of their end-of-pipe emissions, but those made from grains and oilseeds are generally more damaging to the environment up-stream. Production of biomass for biofuels can therefore have widely differing impacts on biodiversity, water qual-

ity (through the use of fertilizers and pesticides), water use and soil erosion.

The Swiss Institute, EMPA (Zah *et al.*, 2007) performed a full life cycle assessment of a large number

of biofuels and compared the environmental footprint with those of transport fuels derived from petroleum and natural gas (Fig. 7). The whole environmental impact was calculated using indicators measuring the damage to human health, ecosystems and the deple-

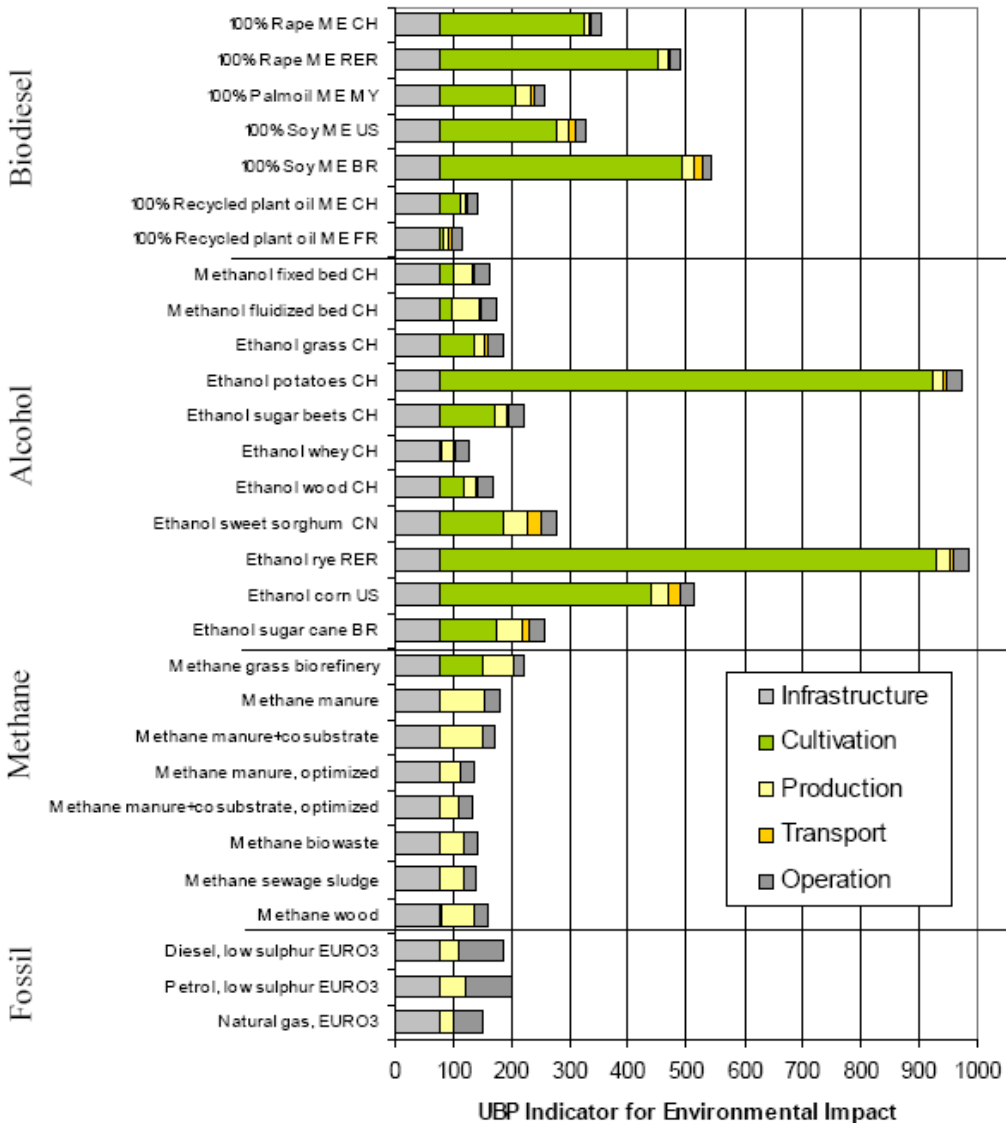


Figure 7. Comparison of aggregated environmental impact of biofuels in comparison with fossil fuels

Source: Zah *et al.* (2007a).

Note: UBP stands for UmweltBelastungspunkte : a Swiss indicator for the environmental impact .

tion of natural resources aggregated in a single indicator (UBP). Environmental impacts of vehicle operation are indeed much higher when fossil fuels are used. However, this is more than offset in many cases by the very high environmental impacts from agricultural production in terms of soil acidification and excessive fertilizer use, biodiversity loss, air pollution caused by slash-and-burn and the toxicity of pesticides.

To qualify for preferential tax treatment under a new law enacted by Switzerland this year, a biofuels should not only have a positive GHG balance but also a favourable overall environmental score as opposed to its fossil-fuel-alternative. EMPA has visualised this comparison by placing the environmental impact and the greenhouse gas reduction perform-

ance of biofuels related to their fossil alternative in one figure with two axes (Fig. 8). The values shown are relative to gasoline (which is 100%). The green (shaded) area means a particular fuel has both lower GHG emissions and a lower overall environmental impact than petrol.

Most biofuels have an overall environmental performance that is worse than gasoline, though their relative performance differs considerably (Fig. 8). EMPA gave maize-based ethanol in the USA a poor environmental score, whereas it determined that ethanol from sugar beets and sugarcane are only moderately better than gasoline in terms of their overall environmental impacts. Biodiesel scores negatively as well, in general. Only when waste products such as recycled cooking oils are used do their overall

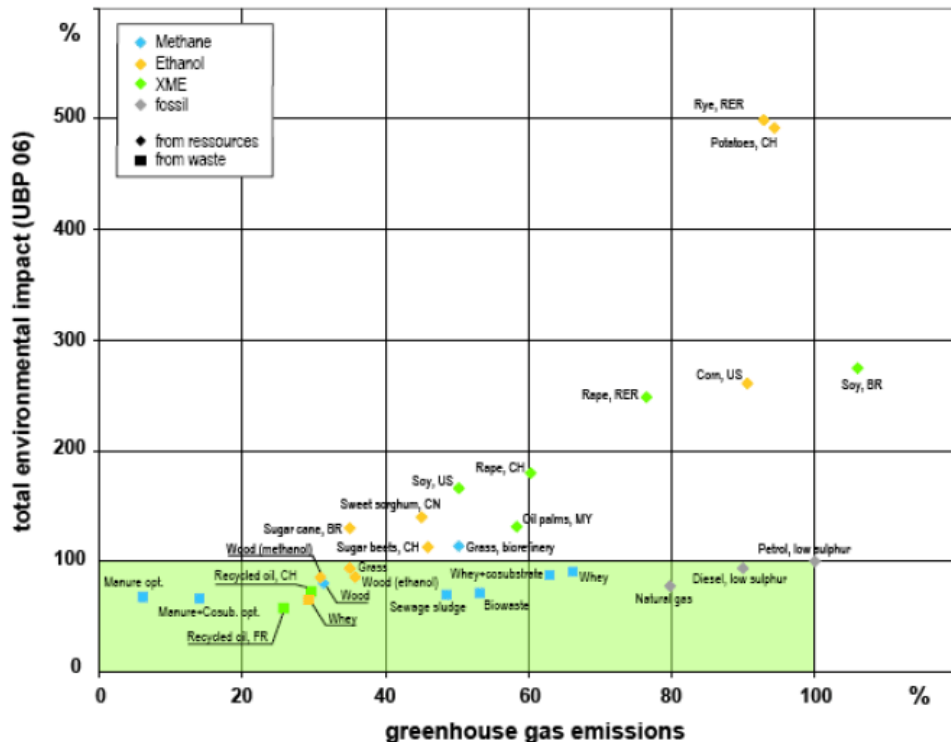


Figure 8. GHG emissions of biofuels related to their gasoline or diesel alternatives and overall environmental impact assessment
 Source: Zah et al (2007a).

Note: UBP stands for UmweltBelastungsPunkte : a Swiss indicator for the environmental impact .

environmental performances fare better than that of gasoline. Biofuels made from woody biomass rated better than gasoline in all cases.

The emission balance and total environmental impact varies widely. However, support policies for biofuels until now have made little or no distinction according to how they have been produced. The notable exception is the biodiesel excise tax credit in the United States, which actually subsidizes producers of biodiesel from used cooking oil at half of the rate it subsidizes the production of biodiesel from virgin agricultural feedstock (vegetable oils and tallow), and in Brazil, which has created a system that discriminates in favor of local producers of biodiesel located in economically disadvantaged regions that procure their feedstocks from certified suppliers. In short, governments can end up supporting a fuel that is more expensive and has a higher negative environmental impact than its corresponding petroleum product.

The impact on energy security

The idea that producing biofuels at home will reduce a country's dependence on foreign sources of energy, particularly oil from the Middle East, has helped to increase the political popularity of biofuels. This rationale, present at the time that Brazil's and the United States' first biofuel-support programs were crafted, waned during the 1980s and 1990s but has recently returned to centre stage. Overall it is fair to say that the roughly 65 billion liters of biofuels consumed in 2006 displaced around 32 billion liters of fossil fuels (or approximately 1% of energy demand in the transport sector).

Security of supply is perhaps the pre-eminent goal of "energy policy", often expressed in terms of minimizing risk of interruptions in supplies (such as imports of petroleum or natural gas, or electric-power outages), but it is more accurately stated in economic terms. In essence, governments want to keep prices of energy carriers low, minimize volatility and reduce the environmental impacts.

Public subsidies to biofuels are often defended as a way of weaning a country from dependence on fossil fuels in general, and petroleum in particular. How efficiently biofuels subsidies help to reduce reliance on petroleum or on fossil fuels in general depends on the amount of petroleum (or fossil energy in general) invested in creating and delivering that liter.

The degree to which the use of biofuels displaces fossil energy varies fairly widely across estimates by different researchers and across production technologies and regions. In general, displacement factors for fossil fuels overall are considerably worse for starch-based ethanol than for cellulosic ethanol. This is due to a fossil-intensive fuel cycle of the first, including feedstock production and high consumption of natural gas within the plants themselves (except in Brazil, where bagasse is used). Unfortunately, natural gas markets are developing many of the same supply insecurities as exist with imported oil. Coal can also be used to fuel ethanol refineries, as is becoming commonplace in the United States; but that then worsens the environmental profile of ethanol substantially. Furthermore, the energy content of a liter of ethanol is typically only two-thirds of the energy content of a liter of gasoline.

The paradox noted above is also that greater biofuel production may lead to less protection against high petroleum prices. Higher oil prices increase production cost and the demand for biofuels, pushing feedstock prices up. Kojima *et al.* (2007) suggest a threshold level of diversion of a given crop to the biofuels market of about 10%. A higher share of biofuels will link the price movement of that crop to the world petroleum market. For this reason, they conclude that biofuels are unlikely to become the solution to rising crude-oil prices.

Cost-effectiveness of government support policies

One way to evaluate the cost effectiveness of public support for biofuels is to calculate support per liter of fossil fuel replaced and per tonne of CO₂-equivalent

avoided. Such calculations are only as good as the underlying data, of course. The quantification of support is itself hampered by the obscurity of data on spending relating to biofuels; the net energy ratios and life-cycle emissions of biofuel plants, drawn from engineering studies or representative cases, can only be considered approximate at best.

Nonetheless, numerous independent analyses (CSIRO *et al.*, 2003; IEA, 2004; Farrell *et al.*, 2006; Zah *et al.* 2007a and 2007b) have been produced from which value ranges can be drawn. The results, drawn from studies undertaken for the Global Subsidies Initiative, are shown in Table 7.

The overall cost-effectiveness of biofuels seems to be low in almost all cases. Costs are relatively high per unit of fossil energy displaced or per unit of CO₂ emissions reduced. To displace one liter equivalent of fossil fuel, for example, would cost between \$0.66 and \$1.40 in the United States. In the European Union these costs are even higher. And that is in addition to what customers pay for the fuel at the pump. In several cases the use of biofuels is roughly doubling the cost of transportation energy for consumers and taxpayers together. Such high rates of subsidization might perhaps be considered reasonable if the industry was new, and ethanol and biodiesel were being made on a small-scale, experimental basis us-

	units	ethanol		biodiesel	
		low	high	low	high
Support per liter equivalent of fossil fuels displaced					
United States	\$/litre equiv.	1.03	1.40	0.66	0.90
European Union	\$/litre equiv.	1.64	4.98	0.77	1.53
Switzerland	\$/litre equiv.	0.66	1.33	0.71	1.54
Australia	\$/litre equiv.	0.69	1.77	0.38	0.76
Support per tonne of CO₂-equivalent avoided					
United States	\$/tonne of CO ₂ equiv.	NA	545	NQ	NQ
European Union	\$/tonne of CO ₂ equiv.	590	4520	340	1300
Switzerland	\$/tonne of CO ₂ equiv.	340	394	253	768
Australia	\$/tonne of CO ₂ equiv.	244	1679	165	639

NA = not applicable. NQ = not quantified.

Note: The ranges of values reflect corresponding ranges in the estimates of total subsidies, variation in the types of feedstocks, and in the estimates of life-cycle emissions of biofuels in the different countries.

Australia: ethanol from sugarcane molasses: waste starch and grains; biodiesel from used cooking oil and canola; exchange rate used: AUD 1 = USD 0.87. European Union: ethanol from sugarbeets and maize and biodiesel from used cooking oil and canola oil; exchange rate used: EUR 1 = USD 0.76. Switzerland: cellulosic ethanol for ethanol and biodiesel from recycled waste oils and Swissgrown rapeseed; exchange rate used: CHF 1 = USD 0.83. United States: ethanol from grain and biodiesel from soya bean. Conversion values used to calculate from GJ to litres oil: average conversion factor for oil 1 Mtoe = 0.0209 mb/d and therefore 28.97 litres oil = 1 GJ (source: IEA 2006b and IEA unit converter)

Table 7. Subsidies to ethanol and biodiesel per litre net fossil fuel displaced and per metric ton of CO₂-equivalent avoided
Source: Global Subsidies Initiative. Koplw (2006), Steenblik and Simón (2007), Kutas and Lindberg (2007, forthcoming), Centre for International Economics (2007, forthcoming).

ing advanced technologies, but most of the support is directed at production from mature, first-generation manufacturing plants.

In a similar vein, the cost of obtaining a unit of CO₂-equivalent reduction through subsidies to biofuels is well over \$500 per tonne of CO₂-equivalent avoided for corn-based ethanol in the United States, for example, even when assuming an efficient plant uses low-carbon fuels for processing. In Switzerland and Australia the results are hardly any better, although the ranges are large depending on the feedstock. The implication of these calculations is that one could have achieved far more reductions for the same amount of money by simply purchasing CO₂-equivalent offsets at the market price.

VII. Can certification ensure that biofuels are produced sustainably?

Biofuels are thus not an easy solution for weaning the world from its dependency on petroleum. Because most liquid biofuels will be consumed as blends with gasoline or petroleum diesel, biofuels will, for some time to come, be complements to petroleum-based transport fuels, not major competitors with them. Their potential is limited and their environmental benefits rely on critical assumptions that must be met in order for biofuels to be sustainable. The conclusion of the European Council to establish a 10% biofuels target in 2020 for the EU was made “subject to production being sustainable, second-generation biofuels becoming commercially available and the Fuel Quality Directive being amended accordingly to allow for adequate levels of blending”. This therefore seems appropriate.

A key question is how to ensure that production will indeed be sustainable. One answer currently being explored intensively is to certify the conformity of biofuels with minimum environmental and social standards on a life-cycle basis.

Certification schemes

Private-sector standards

Private-sector standards and certification schemes may be led by producers, consumers, even by parties without a direct financial interest in the business, or any combination thereof. Numerous indicative standards are being developed at the national level, and at the international level stakeholders with interests in the oilseed and sugarcane industries have formed, respectively, the Roundtable on Sustainable Palm Oil (www.rspo.org) and the Roundtable on Sustainable Soy, as well as the Better Sugarcane Initiative (www.bettersugarcane.org). These initiatives tend to be aimed at improving environmental and social stan-

dards of producers within the industry, often through creating voluntary codes of good practice.

At a more global, all-encompassing level, is the Roundtable on Sustainable Biofuels, formally launched in April 2007. The Roundtable, which is hosted by the Energy Center at the Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Switzerland, has assembled non-governmental organizations, companies, governments, inter-governmental organizations, experts and other concerned parties “to draft principles and criteria to ensure that biofuels deliver on their promise of sustainability.” Four sets of criteria are being developed: greenhouse gas lifecycle efficiency; environmental impacts, such as impacts on biodiversity, soil and water resources; social impacts, ranging from labor rights to impacts on food security; and implementation (i.e. that the standards are easy to implement and measure). The Roundtable has set a target of early 2008 for its first draft standards. It hopes that these standards will then “create a tool that consumers, policy-makers, companies, banks and other actors can use to ensure that biofuels deliver on their promise of sustainability” (EPFL Energy Center, 2007).

The G8 helped establish in Gleanegles the Global Bioenergy Partnership (GBEP) launched in May 2006 that will update the inventory of existing networks, initiatives and institutions dealing with bio-energy and identify any gaps in knowledge. GBEP will assist in identifying and implementing bilateral and multilateral projects for sustainable bioenergy development and support the formulation of guidelines for measuring reductions in greenhouse gas emissions due to the use of biofuels.

Standards linked to tax exemptions or subsidies

There is at least one operating and two proposed examples of this type of standards in the world today. Brazil’s Social Fuel Seal, which was created at the end of 2004 (Decrees 5297 and 5298) as part of a package of measures under the country’s National Biodiesel Programme, strives to take into account regional social inequalities and the agro-ecological potential for biodiesel feedstock production of differ-

ent regions. Certification enables biodiesel producers to benefit from reduced rates of taxation on biodiesel, compared with the rates normally applied to petroleum diesel. The rate of exemption is 100% for biodiesel certified with the Social Fuel Seal produced from castor oil or palm oil in the North and North-east regions, versus 67% for biodiesel produced from any source in other regions that do not qualify for the Social Fuel Seal. In the way that it operates, only Brazilian firms can qualify for the higher tax breaks.

In March 2007, the Swiss Government amended its Mineral Fuel Tax in a way that will in the future (probably starting in 2008) also tie tax benefits for biofuels to a system based on various environmental and social criteria. Under the new rules, both domestic and imported biofuels that benefit from a reduced fuel excise tax require “proof of a positive total ecological assessment that ensures also that the conditions of production are socially acceptable”. However, in addition, the government, “taking into account of the amount of domestically available renewable fuels, shall establish the quantity of renewable fuels that can be exempted from the tax at the time of the importation.”

Even more recently, a group commissioned by the government of the Netherlands in 2006 submitted their proposals to the Dutch Minister of Housing, Spatial Planning and the Environment on how to create a market for sustainable bio-energy (Creative Energie, 2007). The report proposes that access to any subsidies for biofuels be contingent on satisfying nine major criteria and numerous sub-criteria. According to Rembrant (2007):

Many of these criteria still need to be worked out in further detail regarding how to monitor their compliance by bioenergy companies. A preliminary system with less stringent criteria will come into effect in the course of 2008 when the new subsidy scheme for sustainable energy of the Dutch Government will start to function. After that several years of development and testing will take place, [so] as to put the full system of criteria with the relevant indicators and monitoring systems in place in

2011. By then, the European Commission probably will have proposed a similar system for the entire European Union.

Taken together, the proposed criteria are extremely stringent and would be a challenge to satisfy, even by many producers in OECD countries. Moreover, they are in several cases highly prescriptive. For example, Criterion 2.2 stipulates that the biomass production “will not take place in areas with a high risk of significant carbon losses from the soil, such as certain types of grasslands, peat lands, mangroves and wet areas.” This criterion seems to exclude large areas without taking into account the specific characteristics and modalities of an operation.

Regulations linked to achievement of a domestic policy goal

The European Commission plans in future to allow only those biofuels whose cultivation complies with minimum sustainability standards to count towards the EU’s renewable fuel targets. Details on how the scheme might work are still being discussed, but many are looking to the example of the UK’s Renewable Transport Fuel Obligation (RTFO). Beginning 1 April 2008, the RTFO will oblige fuel suppliers to ensure that a certain percentage of their aggregate sales is made up of biofuels -5% by 2010. Obligated companies will be required to submit reports on both the net greenhouse gas saving and sustainability of the biofuels they supply. This information in turn will be used to develop sustainability standards, which may be imposed if the RTFO is extended.

Although the reporting requirement does not yet discriminate among sources, failure to report makes a fuel supplier ineligible for any certificates proving that they have met their biofuel obligations. It remains to be seen whether the reporting obligation will bias the fuel suppliers towards biofuel producers whose records are comprehensive, in English, and whose claims can be easily verified by inspection. Moreover, as described in the UK Department of Transport’s web page on “Frequently Asked Ques-

tions”², the Administrator of the RTFO expects that these reports, once published, will constitute a “league table” of suppliers and biofuel producers, thus encouraging better performance. Longer term, the scheme could evolve into one that specifically links RTFO certificates with GHG savings determined through a standardized GHG certification system. Already, a feasibility study, commissioned by the UK government (Bauen *et al.*, 2005), has recommended such a scheme.

WTO considerations for certification schemes

Any restriction on trade, including labeling and certification requirements or any other form of discrimination between products, is potentially subject to the disciplines of the trade agreements administered by the World Trade Organization (WTO). Mandatory policies that link standards to tax exemptions or subsidies should be designed in such a way so as not to discriminate between countries. And even if the certification requirements would apply to all countries and to domestic production in a similar way, the measure might still be found against by a WTO dispute panel on the grounds of having a disproportionate impact on trade.

However, WTO rules also give the right to discriminate in favor of other public policy objectives such as protection of the environment and conservation of natural resources. Recent dispute settlements have shown sensitivity to retaining the balance between trade and non-trade values. The design of a certification scheme is likely to influence its appropriateness: differentiating to reward better fuels is probably more acceptable than excluding fuels. This will be particularly so if the criteria for exclusion are not objectively measurable. The WTO is a forum where discussions on trade and environment may take place; for this reason a special committee on trade and environment has been created to channel these discussions that could be used to discuss proposed certification criteria.

Lessons learned from certification schemes for forest products

Since the early 1990s, the international community has worked hard to establish certification as a tool to guarantee that wood products are resourced in an environmentally, socially and economically sustainable way. Forest products certification is a procedure by which an independent third party inspects and provides written assurance that a product originates in a forest that complies with pre-defined social and environmental standards. The objective is to limit the market for products that are not produced sustainably.

Although the market is still under development, certain key lessons should be taken into account when considering certification as a tool in the biofuels market. First of all, it has proven to be extremely difficult to develop an effective chain-of-custody control that tracks wood products from the forest through to finished products. Wood is processed into many different products and sourced from many different wood species, origins and owners. Shipping documents are easy to falsify and the laundering of illegal products through trade between countries is also relatively easy without strong cooperation and communication between custom offices.

Second, the effectiveness of certification has been undermined by displacement of wood products. As certification is not a multilateral requirement but conducted on a voluntary basis, it has merely led to a segmentation of the market, not to a reduction of the problem. Wood products from sustainable sources are supplying the small higher priced market segment that demands certified products, whereas nonsustainably produced resources are serving the rest of the market. Certified and non-certified products lay next to each other in factories and trading companies. The result is that more than 90% of the certified products are coming from OECD countries, where it is easier to identify sustainably managed forest practices in the first place. Tropical regions supply the greater part of the market but less than 5% of the market for certified wood.

Third, the many different certification schemes have undermined the potential for increased transparency in the market and the costs facing sustainable producers. The result has been an increase in the negative cost differential between certified and non certified products.

Certification of biofuels could well suffer from similar problems if not properly planned. The numerous production technologies, feedstock and differing local circumstances will make establishing and agreeing on shared criteria for sustainable production challenging. Voluntary and unilateral initiatives and policies for using certification schemes will run the same risks of displacement as in the market for forest products. Strong financial incentives and targets for biofuel production without adequate supply from sustainable sources will put enormous pressure on vulnerable land and forested areas. Certification as a tool to stop illegal and unsustainably managed bio-crop plantations will become less likely when the premium to cheat on the criteria is very high.

A final but important limitation is that certification schemes only deal with the direct environmental and social impacts of particular biofuel projects, and cannot address spillover effects through the displacement of non-biofuel agriculture.

VIII. An alternative policy agenda

There is little doubt that current patterns of fossil fuel-based energy use are unsustainable and that a change in direction is needed. There is, however, no obvious technological fix available that will supply the world with a source of automotive fuel that is cheap, clean, flexible and easily scalable. Hydrogen has been discussed, but many problems are yet to be overcome. In such a situation, when technological change is unpredictable, a prudent policy would be to keep as many options open as possible while at the same time letting prices adequately reflect environmental and natural-resource scarcities.

The current push to expand the use of biofuels is creating unsustainable tensions that will disrupt markets without generating significant environmental benefits. The upward pressure first-generation biofuels create on food prices, and the increasing burden their subsidisation places on taxpayers, are likely to make policies that support them indiscriminately less and less acceptable to the public.

Current biofuel support policies are placing a significant bet on a single technology notwithstanding the existence of a wide variety of different fuels and power trains that have been posited as options for the future. Those policies -that support high blends of ethanol, in particular- necessitate major investments in vehicles and fuel-distribution infrastructure; investments that, once made, put pressure on policy-makers to protect them.

Governments should cease creating new mandates for biofuels and investigate ways to phase them out. Mandating blending ratios, market shares or volumes creates certainty for investors in biofuels production capacity, but in so doing simply transfers risk to other sectors and economic agents. Mandates do not save motorists money: biofuels still account for only a tiny fraction, perhaps 1%, of the total world market for petroleum-derived transport fuels -not enough to substantially affect prices. In any case, if prices of petroleum products were to rise above the cost of

producing biofuels, the mandates would not be needed. If petroleum prices were to fall, mandating biofuels means that transport fuels containing them would cost more.

Mandates are blunt instruments for reducing net petroleum use and greenhouse gas emissions. Despite large differences in the contributions that particular feedstock/technology combinations can make in achieving these objectives, almost all of the mandates currently used by OECD countries make no distinction among biofuels except between ethanol and bio-diesel. Some countries have started to investigate ways to differentiate biofuels according to their life-cycle GHG emissions, but it is still unclear how they can do this in a way that is compatible with WTO rules. Setting mandatory targets is risky when the potential supply of biofuel feedstocks that can be sustainably produced is unknown and the commercialization of second-generation technologies remains uncertain.

To the extent that subsidization of biofuels reduces the retail prices of transport fuels in some countries, biofuel-support policies are also insulating drivers from the true costs to society of their fuel consumption, be it reduced national security or increased emissions of CO₂. A far more neutral and efficient policy tool would be to tax fuels according to the externalities they generate.

Attempts to quantify support provided to biofuels also point to a more disturbing problem: that governments are providing billions of dollars or euros to support an industry about which they have only scant information. Yet without good statistics, it is difficult to imagine that policy makers are obtaining the feedback they need to respond to new developments in a timely fashion. In many countries, the only statistics available on production of biofuels are those collected by producers' associations. Statistics on consumption are even harder to obtain. And the fact that support is provided by multiple levels of government, in diverse forms, suggests that new policies are being introduced in the absence of comprehensive information on how they are affecting the marginal rate of assistance.

A number of other policies that governments could pursue would be less risky than those typically used by OECD countries. One would be to remove tariffs on imported biofuels. Tariffs are especially high on ethanol, and the longer they remain in place, encouraging inefficient investments in expensive productive capacity, the harder will be the adjustment needed once they are removed. Moreover, the countries most affected by import tariffs are generally developing countries with a comparative advantage in biofuel production.

The second would be to co-ordinate internationally on developing agreed standards for sustainable biofuels. Certification of biofuels to sustainability standards would not solve all the negative environmental consequences of expanded biofuel use, but it might help reduce some of the worst direct effects. At the least, international co-ordination would avoid an even worse situation where countries each require conformity to different standards.

If technology is the main barrier to the commercialization of second-generation biofuels, supporting R&D is likely to be more cost-effective than supporting production from first-generation facilities. Koplow (2006) points to the United States Energy Policy Act of 2005 as a good policy example. The Act calls for reverse auctions for cellulosic ethanol production, where the bidder requiring the lowest amount of public money per gallon produced will get the subsidy. Such an approach keeps development risks within the private sector and it reduces the chance of overcompensation.

The demand side of the transport fuel problem should receive proportionally more attention than the supply side. A litre of gasoline or diesel conserved because a person walks, rides a bicycle, carools or tunes up his or her vehicle's engine more often is a full litre of gasoline or diesel saved at a much lower cost to the economy than subsidising inefficient new sources of supply. The IEA (2006a) points out that significant benefit can be achieved by improving vehicle efficiency. If all technical means of engine, transmission and vehicle technologies are implemented, a 40% improvement in the fuel economy of gasoline vehicles could be achieved at low costs by 2050.

Biofuels may well play a part in expanding the range of energy sources available in the future. The extent of their penetration will be limited by the opportunity cost of biofuel feedstocks being applied to competing end uses, and the extent to which second-generation technologies can significantly lower the costs of production. But in view of the fact that even the most optimistic studies posit no more than 13% of liquid fuel needs in 2050 being supplied by biofuels, it must be asked whether the diversion of such large amounts of public funds in support of this single technological option can be justified. Given that a much larger supply of clean transportation energy will be needed than biofuels can supply, governments need to apply their regulatory interventions and fiscal resources in ways that enable the widest array of technology options to compete.

References

- Babcock, B.A., P.W. Gassman, M.J. Jha, and C.L. Kling. 2007. Adoption Subsidies and Environmental Impacts of Alternative Energy Crops. CARD Briefing Paper 07-BP 50, Center for Agricultural and Rural Development, Iowa State University, Ames, Iowa
- Bauen, Ausilio, Adam Chase, Jo Howes, Aino Inkinen, Jessica Lovell and Richard Tipper. 2005. Feasibility Study on Certification for a Renewable Transport Fuel Obligation. Final report, E4Tech, Imperial College, London
- BMU. 2006. Renewable Energies: Innovations for the Future. Berlin Bouwman, AF, K.W. Van der Hoek and B. Eickhout (2005), Scenario I: Exploring changes in world ruminant production systems, *Agricultural Systems* 84 (2): pp. 121-53

- Brown, Lester R. 2006. Chapter 3, "Emerging Water Shortages". Plan B 2.0: Rescuing a Planet Under Stress and a Civilization in Trouble, W.W. Norton & Company, New York
<http://www.earthpolicy.org/Books/PB2/index.htm>
- Centre for International Economics. 2007. Biofuels—At What Cost? Government Support for Ethanol and Biodiesel in Australia. Global Subsidies Initiative of the International Institute for Sustainable Development, Geneva, forthcoming
- Creative Energie. 2007. Toetsingskader voor duurzame biomassa: Eindrapport van de projectgroep "Duurzame productie van biomassa" [Framework for Sustainable Biomass: Final Report of the Project Group "Sustainable Production of Biomass"], Den Haag
- Edwards, R., J-F. Larivé, V. Mahieu, and P. Rouveïrolles. 2007. Well-To-Wheels Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context. WELL-to-WHEELS Report Version 2c, March 2007, EUCAR, CONCAWE and the Joint Research Centre of the EU Commission, Brussels
http://ies.jrc.cec.eu.int/media/scripts/getfile.php?file=fileadmin/H04/Well_to_Wheels/WTW/WTW_Report_010307.pdf
- EPFL Energy Centre. 2007. Roundtable on Sustainable Biofuels. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
http://cgse.epfl.ch/webdav/site/cgse/shared/Biofuels/RSB_Intro.pdf
- Etter, Lauren and Joel Milman. 2007. Ethanol Tariff Loophole Sparks a Boom in Caribbean. Wall Street Journal, 09 March
<http://hughbartling.blogspot.com/2007/03/ethanol-tariff-loophole-sparks-boomin.html>
- Fischer, Gunther, Harry van Velthuis, Freddy O. Nachtergaele. 2000. Global Agro-Ecological Zones Assessment: Methodology and Results. Interim Report IR-00-064, International Institute for Applied Systems Analysis and Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome
- Fischer, Gunther, Mahendra Shah, Harrij van Velthuis and Freddy Nachtergaele. 2006. Agro-Ecological Zones Assessment. RP-06-003, International Institute for Applied Systems Analysis, April, Luxembourg
- Fischer, G. and Schratzenholzer, L. 2001. Global bioenergy potentials through 2050. Biomass and Bioenergy. 20 (3):151-159. Reprinted as RR-01-009. International Institute for Applied Systems Analysis, Luxembourg
- F.O. Licht. 2006. World Ethanol Markets – The Outlook to 2015. Special Report No. 138, F.O. Licht
- Girard, Philippe and Abigail Fallot. 2006. Review of Existing and Emerging Technologies for the Production of Biofuels in Developing Countries. Energy for Sustainable Development, Volume X No.2 (June), pp 92-108
- Giampietro, Mario, Sergio Ulgiati and David Pimentel. 1997. Feasibility of Large-Scale Biofuel Production. BioScience, Vol. 47, No. 9 (October), pp. 587-600
- Hamelinck, Carlo N., André P.C. Faaij. 2006. Outlook for Advanced Biofuels. Energy Policy 34, pp. 3268-3283
- Heinimö, Jussi, Virpi Pakarinen, Ville Ojanen and Tuomo Kässi. 2007. International Bioenergy Trade —Scenario Study on International Biomass Market in 2020. Lappeenranta University of Technology, Lappeenranta
- Hoogwijk, Monique, André Faaij, Richard van den Broek, Göran Berndes, Dolf Gielen and Wim Turkenburg. 2003. Exploration of the Ranges of the Global Potential of Biomass for Energy. Biomass & Bioenergy, 25, pp. 119 – 133
- Hoogwijk, Monique, André Faaij, Bas Eickhout, Bert de Vries and Wim Turkenburg. 2005. Potential of Biomass Energy Oot to 2100, for Four IPCC SRES Land-use Scenarios, Biomass & Bioenergy, 29, pp. 225-257
- Howse, Robert, Petrus van Bork and Charlotte Hebebrand. 2006. WTO Disciplines and Biofuels: Opportunities and Constraints in the Creation of a Global Marketplace. IPC Discussion Paper, International Food & Agricultural Trade Policy Council, Washington, D.C.

- Hurt, C., W. Tyner and O. Doering. 2007. Economics of Ethanol (ID-339). Purdue University Cooperative Extension Service, Purdue, Indiana.
- IEA. 2005. Biofuels for Transport – An International Perspective. OECD Publications, Paris
- IEA. 2006a. Energy Technologies Perspectives. Chapter 5, Road Transport Technologies and Fuels, OECD Publications, Paris
- IEA. 2006b. World Energy Outlook 2006. Chapter 14, The Outlook for Biofuels, OECD Publications, Paris
- IPCCC. 2007. Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Change, Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report, Draft
http://www.mnp.nl/ipcc/pages_media/AR4-chapters.html
- Jank, Marcos, Géraldine Kutas, Luiz Fernando do Amaral and André M. Nassar. 2007. EU and U.S. Policies on Biofuels: Potential Impacts on Developing Countries. German Marshall Fund of the United States, Washington, D.C.
- Kojima, Masami and Todd Johnson. 2005. Potential for Biofuels for Transport in Developing Countries. World Bank, Washington D.C.
- Kojima, Masami, Donald Mitchell, and William Ward. 2007. Considering Trade Policies for Liquid Biofuels. The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, Washington, D.C.
- Koplow, Doug. 2006. Biofuels – At What Cost? Government Support for Ethanol and Biodiesel in the United States. Global Subsidies Initiative of the International Institute for Sustainable Development, Geneva
- Kutas and Lindberg. 2007. Biofuels – At What Cost? Government Support for Ethanol and Biodiesel in the EU. Global Subsidies Initiative of the International Institute for Sustainable Development, Geneva, forthcoming
- Litman, Todd Alexander. 2007. Biofuels – At What Cost? Government Support for Ethanol and Biodiesel in Canada. Global Subsidies Initiative of the International Institute for Sustainable Development, Geneva. Forthcoming.
- Naylor, R., H. Steinfield, W. Falcon, J. Galloway, V. Smil, E. Bradford, J. Alder and H. Mooney. 2007. Losing the Links between Livestock and Land. Science, 310, 1621-1622
- OECD. 2005. Market Access and Environmental Requirements. OECD Publications, Paris
- OECD. 2006. Agricultural Market Impacts of Future Growth in the Production of Biofuels. Working Party on Agricultural Policies and Markets, OECD Publications, Paris
- OECD. 2007. Subsidy Reform and Sustainable Development - Political Economy Aspects. OECD Sustainable Development Studies, OECD Publications, Paris
- OECD/FAO. 2007. Agricultural Outlook 2007-2016. OECD/FAO, Paris, Rome
- Smil, V. 2003. Energy at the Crossroads. MIT Press, Cambridge, MA
- Steenblik, R. 2006. Liberalization of Trade in Renewable Energy and Associated Technologies: Biodiesel, Solar Thermal and Geothermal Energy. OECD Trade and Environment Working Paper No. 2006-01, OECD Publications, Paris
- Steenblik, R. and J. Simón. 2007. Biofuels—At What Cost? Government Support for Ethanol and Biodiesel in Switzerland. Global Subsidies Initiative of the International Institute for Sustainable Development, Geneva, forthcoming
- Stern, N. 2006. Stern Review: The Economics of Climate Change. London, UK

- Stoft, Steven. 2007. Calculation of Ethanol Subsidies for 2006, zFacts.com.
<http://zfacts.com/p/807.html> (accessed 22 May 2007)
- Teixeira Coelho, Suani. 2005. Biofuels — Advantages and Trade Barriers. (Doc. No. UNCTAD/DITC/TED/2005/1), paper prepared for the Expert Meeting on New and Dynamic Sectors of World Trade (7–9 February 2005, Geneva) United Nations Conference on Trade and Development, Geneva.
- Thoenes, P. 2006. Biofuels and Commodity markets – Palm Oil Focus. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome
- Tokgoz, Simla, Amani Elobeid, Jacinto Fabiosa, Dermot J. Hayes, Bruce A. Babcock, Tun-Hsiang (Edward) Yu, Fengxia Dong, Chad E. Hart and John C. Beghin. 2007. Emerging Biofuels: Outlook of Effects on U.S. Grain, Oilseed, and Livestock Markets. Staff Report 07-SR 101, Center for Agricultural and Rural Development, Iowa State University, Ames, Iowa
<http://www.card.iastate.edu/publications/DBS/PDFfiles/07sr101.pdf>
- Tyner, W. 2007. U.S. Ethanol Policy — Possibilities for the Future. (ID-342-W), Purdue University Cooperative Extension Service, Purdue, Indiana
- UN-Energy. 2007. Sustainable Bioenergy: A Framework for Decision Makers. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- Van Dama, Jinke, Martin Junginger, André Faaij, Ingmar Jürgens, Gustavo Best and Uwe Fritsche. 2006a. Overview of recent developments in sustainable biomass certification. IEA Bioenergy Task 40, Netherlands
- _____. 2006b. Overview of Recent Developments in Sustainable Biomass Certification: Annexes, Draft for comments. IEA Bioenergy Task 40, Netherlands
- Wallace, Wilhelm, Jane Johnson, Douglas Karlen and David Lightle. 2007. Corn Stover to Sustain Organic Carbon Further Constrains Biomass Supply. *Agronomy Journal*, forthcoming
http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm?SEQ_NO_115=211329
- Walter, Arnaldo, Frank Rosillo-Calle, Paulo B Dolzan, Erik Piacente and Kamyla Borges da Cunha. 2007. Market Evaluation: Fuel Ethanol, Task 40 Sustainable Bio-energy Trade: Securing Supply and Demand (Deliverable 8). State University of Campinas (Unicamp), Campinas, Brazil
- WEA. 2004. World Energy Assessment, Overview 2004 Update. United Nations Development Program, New York
- Wescott, Paul C. 2007. Ethanol Expansion in the United States: How Will the Agricultural Sector Adjust? Economic Research Service Report No. FDS-07D-01, U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C.
<http://www.ers.usda.gov/Publications/FDS/2007/05May/FDS07D01/fds07D01.pdf>
- WWF Germany. 2006. Sustainability Standards for Bioenergy. Frankfurt am Main, Germany
- Zah, Rainer, Heinz Böni, Marcel Gauch, Roland Hirschier, Martin Lehmann and Patrick Wäger. 2007a. Life Cycle Assessment of Energy Products: Environmental Assessment of Biofuels — Executive Summary. EMPA – Materials Science & Technology, Federal Office for Energy (BFE), Bern, p.161
- Zah, Rainer, Heinz Böni, Marcel Gauch, Roland Hirschier, Martin Lehmann and Patrick Wäger. 2007b. Ökobilanz von Energieprodukten: Ökologische Bewertung von Biotreibstoffen. EMPA für die Bundesamt für Energie, die Bundesamt für Umwelt, und die Bundesamt für Landwirtschaft, Bern
<http://www.empa.ch/plugin/template/empa/3/60542/---/l=2>

Potencialidad bioenergética sudamericana a partir de forestaciones con *Jatropha* sp. (*J. curcas*, *hieronymi* y *macrocarpa*)

Silvia Liliana Falasca, Ana Ulberich*

* Silvia Liliana Falasca es investigadora de CONICET y Directora del Programa sobre Medioambiente y la Producción Agropecuaria. Centro de Investigaciones y Estudios Ambientales (CINEA). Facultad de Ciencias Humanas. UNICEN.

sfalasca@conicet.gov.ar

Ana Ulberich colabora con PREMAPA – CINEA. Facultad de Ciencias Humanas. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

ulberich@fch.unicen.edu.ar

Resumen

*Frente a una demanda energética mundial que crece exponencialmente, el agotamiento de las reservas petrolíferas, los graves problemas de contaminantes derivados fundamentalmente de la industria que potencian el efecto invernadero, ponen en evidencia el cambio de paradigma con un vuelco hacia las energías limpias o renovables. Así, se torna necesario ampliar la oferta de aceites para producción de biodiesel, abriéndose un nuevo escenario para el estudio de especies oleaginosas no tradicionales no aptas para consumo humano. Una de las alternativas, son los cultivos de la especie más conocida del género *Jatropha*: *Jatropha curcas*, la cual presenta un uso potencial para áreas deforestadas, erosionadas y suelos de áreas marginales. Para Latinoamérica, el desarrollo de cultivos oleaginosos alternativos necesita de una política de apoyo en I+D, ya que en este campo existe un gran potencial de producción que, además representa una nueva actividad para el sector agrario.*

Introducción

En un plazo mediano, la humanidad deberá enfrentarse a uno de los problemas más graves de toda la historia de la humanidad: la falta de alimentos y la falta de energía, problema que aumentará con las sucesivas generaciones.

El concepto de Desarrollo Sustentable tiene como punto de partida la Conferencia de Estocolmo de 1972. En aquel entonces la comunidad internacional debatió sobre las consecuencias ambientales del manejo de los recursos naturales y la regulación del crecimiento de las sociedades industriales. Se tomó conciencia que en un mundo con recursos finitos no existe la posibilidad de crecimiento infinito de la producción. Por ello, debido a que hay un límite en la utilización intensiva de los recursos se debe tener en cuenta, la conservación de la naturaleza al planificar el desarrollo económico de una nación.

Cuando aparece el concepto de desarrollo sustentable, entendido como aquél que satisface las necesidades del presente sin afectar las capacidades de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades, surge la necesidad de desarrollar energías renovables.

Como consecuencia del aumento casi diario del precio del barril de petróleo durante este año y las pro-

yecciones de consumo en el ámbito internacional, tornan como alternativa sustentable la siembra de agrocombustibles. Además, esta alternativa se vislumbra como una posible solución a la preocupación en torno a los límites del crecimiento.

La creciente demanda mundial y el aumento de precios de los alimentos torna inviable y no ético el empleo de oleaginosas tradicionales para producir biodiesel.

Frente a una demanda energética mundial que crece exponencialmente, el agotamiento de las reservas petrolíferas, los graves problemas de contaminantes derivados fundamentalmente de la industria que potencian el efecto invernadero, ponen en evidencia el cambio de paradigma con un vuelco hacia las energías limpias o renovables. Así, se torna necesario ampliar la oferta de aceites para producción de biodiesel, abriéndose un nuevo escenario para el estudio de especies oleaginosas no tradicionales no aptas para consumo humano.

Para evaluar a una especie como productora de biodiesel deberá analizarse primero si el biodiesel que se obtiene cumple con las normas estándar especificadas en USA, Alemania o Unión Europea.

Cumpliendo con todos los requisitos mencionados anteriormente aparece la especie más conocida del

género *Jatropha*: *Jatropha curcas*.

Mc Laughlin (1985) definió una serie de propiedades que deben reunir los cultivos para que sean comercialmente exitosos en ambientes áridos y semiáridos. Esas características son: poseer bajos requerimientos hídricos; tolerar condiciones ambientales extremas; producir algún compuesto *commodity* con precio superior a los productos comestibles, tales como resinas, aceites con propiedades para uso industrial, etc.; no ser sembrados en zonas con mayores disponibilidades hídricas; no ser comestibles y preservar el medio ambiente.

Origen

El hombre fue llevando sus semillas hasta lograr que en otras partes del mundo se haya asilvestrado. Se cree que habría llegado a África en las galeras portuguesas que traficaban esclavos hacia Brasil.

Según el país en que fue reconocida esta especie, ha recibido diferentes nombres triviales, tales como pinhao manso (Brasil), tempate (México), *physic nut* (países de habla inglesa), piñón de leche o piñón botija (Cuba), etc.

Jatropha curcas es una oleaginosa de porte arbustivo, perteneciente a la familia de las Euforbiáceas, que tiene más de 3.500 especies agrupadas en 210 géneros.

Presenta un uso potencial para áreas deforestadas, erosionadas, suelos de áreas marginales, con una vida útil de 30-50 años, aunque se han reportado casos de una longevidad de 100 años (Corteseo, 1956; Peixoto, 1973).

Hasta 1939 el principal uso del aceite de *Jatropha curcas* era la saponaria y fabricación de estearina, pero debido a las necesidades militares comenzaron a estudiarse otros posibles usos. Durante la segunda Guerra Mundial se empleó, en África, el aceite como lubricante de motores, debido a su baja viscosidad y gran porcentaje de ácidos grasos insaturados (de Arruda *et al.*; 2004).

Los indios guaraníes, que la denominaban como Kuri jyvá y Turuvi, empleaban las semillas como purgante y las raíces como depurativas, para rejuvenecer y como aromática (Silva Noelli, 1996).

Esta planta es tóxica pues se ha encontrado en la semilla la presencia de alcaloides conocidos como ésteres de forbol, que provocan un efecto purgante. Solamente en México se han encontrado variedades no tóxicas, las cuales son consumidas después de tostar y en la preparación de comidas tradicionales por los pobladores de la región de Popocatepec en Veracruz, Otón P. Blanco en Querétaro, Pueblillo en Veracruz y Huitzilán en Puebla (Makkar *et al.*, 1998; Martínez Herrera *et al.*; 2006).

Si el aceite se consume en dosis elevadas, produce alteraciones del tracto gastrointestinal, que se manifiesta con náuseas, vómitos, y gran sudoración, pudiendo llegar a producir la muerte (Peixoto, 1973).

Según Héller (1996) su área de dispersión en Sudamérica abarca Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Galápagos, Paraguay, Perú y Venezuela, llegando a la Argentina, habiéndose la reconocido en varias provincias.

Producción de biocombustibles

Los frutos son drupas de 2 cm de diámetro, de color marrón, cuando están maduras, que contienen dos a tres semillas del tamaño, forma y apariencia de una almendra, rodeadas por un material en forma de pulpa y la cáscara del fruto, que se convierte en un material pergaminoso al secarse. Una hectárea de cultivo energético de *Jatropha curcas* (en base a 400 árboles/ha) puede producir 3500 kg de frutos, con un peso promedio por fruto de 3,3 g (Sotolongo López *et al.*, 2007).

El descarado de las semillas puede hacerse de forma manual o con una máquina. La producción de cáscara es de 1000 kg/ha (30% del peso del fruto), que también puede pasarse por un molino bola y convertirse en un material magnífico como biofertilizante. La cáscara tiene un valor calórico de aproximadamente

2651 kcal/kg (15% de humedad), por lo que también puede ser empleada como combustible (Sotolongo López *et al.*, 2007).

La cáscara también puede transformarse, mediante un proceso de digestión anaerobia, en biogas y biofertilizante (efluente del digestor), lo que podría optimizar los rendimientos energéticos.

El peso de la semilla, corresponde en el 74% a la nuez y el 26% a la cascarilla. La cascarilla tiene un valor calórico de 4108 kcal/kg (10% de humedad), por lo que puede ser empleada como portador energético (Sotolongo López *et al.*, 2007).

Las semillas son longevas y debe reducirse su humedad hasta alcanzar entre 5 y 7% antes de almacenarse. A temperatura ambiente las semillas pueden mantener su poder germinativo por lo menos durante un año. Esa característica de longevidad le da ventajas en relación con otras oleaginosas. Sin embargo, con el tiempo el aceite varía su pH, lo que afecta después el proceso de transesterificación para producir biodiesel (lo hace más ácido), lo que encarece el proceso industrial al requerir un consumo mayor de materia prima.

Las semillas pueden ser prensadas en cualquier máquina extractora de aceite diseñada para su procesamiento a presión en frío y se obtienen dos productos:

- El aceite de la semilla, que puede ser utilizado en la fabricación de jabones, insecticidas, lubricantes; como combustible para las cocinas y faroles de alumbrado y para la producción de biodiesel. Si se logra destoxificar podría emplearse en la alimentación humana.
- El producto residual que queda luego del prensado se denomina torta.

La torta es una mezcla de carbohidratos, fibra, proteína y el aceite que no se pudo extraer, la cual contiene algunos componentes tóxicos; aún así es muy útil como biofertilizante por su alto contenido en nitrógeno. Después de eliminados los elementos tóxicos se

podría transformar en un excelente alimento balanceado para el ganado, con un contenido proteínico superior a 50%.

Aproximadamente 1000 kg de este material podrían obtenerse por hectárea, y también podría usarse como combustible, ya que tiene un valor calórico de 2651 kcal/kg (3% de humedad). La variedad mexicana, que no es tóxica por sus bajos contenidos de ácido forbólico y curcina, produce una torta de mayor calidad para usos económicos.

Una hectárea de *Jatropha curcas* puede aportar unas 20 tn de biomasa (base seca), considerando 200 kg de biomasa por árbol para una población de 400 árboles/ha, después de los seis años. (Sotolongo López *et al.*, 2007).

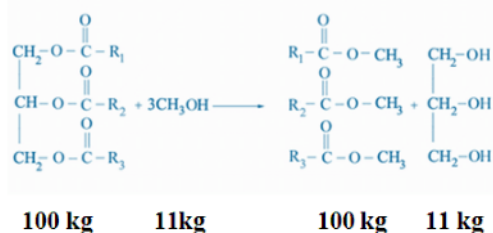
La madera de las podas obligatorias de formación de este cultivo tiene un valor calórico de 3702 kcal/kg con 15% de humedad (Sotolongo López *et al.*, 2007), la cual puede ser empleada para hacer estacas como forma de propagación y aumentar el número de plantas de la *Jatropha curcas* en potreros, para hacer cercas vivas, para emplear como leña o para producir carbón. La producción de leña se podría medir con exactitud cuando se tengan plantaciones maduras.

Producción de Biodiesel y Glicerina

La obtención del biodiesel se basa en la reacción con metanol o etanol (transesterificación) de las moléculas de triglicéridos para producir ésteres. De esta manera se consigue que, las moléculas grandes y ramificadas iniciales, de elevada viscosidad y alta proporción de carbono, se transformen en otras de cadena lineal, pequeñas, con menor viscosidad y porcentaje de carbono y de características físico-químicas y energéticas similares al gasoil. El biodiesel obtenido puede utilizarse como único combustible o en mezclas con el gasoil sin efectuar ninguna modificación en el motor.

La reacción de transesterificación es la siguiente:

Triglicérido + Metanol = Metiléster + Glicerina



Puesto que por cada litro de biodiesel producido es necesario un litro de aceite vegetal, de no contarse con subvenciones, el costo actual de la materia prima hace inviable el proceso desde un punto de vista económico, si se realiza con los aceites obtenidos a partir de oleaginosos tradicionales del sector agrícola.

Para el desarrollo de esta actividad de forma masiva, utilizando las grandes posibilidades productivas del sector agrario hay que buscar nuevos cultivos como la *Jatropha curcas*, capaz de proporcionar aceite más barato. Además este precio podría rebajarse si se imputaran a los costos de operación los ingresos obtenidos por la venta de los subproductos, por ejemplo de la glicerina.

Las semillas contienen alrededor de 38% de aceite en peso. De esta cifra se puede obtener entre 27 y 32% de aceite usando máquinas extractoras a presión en frío. Este aceite después de transesterificar (metilester o etilester), culmina con la producción de biodiésel que se puede emplear en mezclas B2, B5, B10, B20 o puro (B100). Si se usan algunos extractos, como solventes orgánicos, la extracción puede aumentar.

En la Tabla 1 se han incluido las propiedades del aceite y del biodiesel obtenidos por Heller (1996) a partir de semillas de *Jatropha curcas*.

En las Tabla 2 se comparan las propiedades oleaginosas de *Jatropha curcas* con otros cultivos, que podrían emplearse para producir biodiesel. El tenor de ácidos grasos se presenta en la Tabla 3, resaltándose la proporción de los ácidos oleico, linoleico y palmítico.

La calidad de los aceites de tres especies de *Jatropha*: *curcas*, *hieronymi* y *macrocarpa*, para obtener biodiesel fue presentada por Falasca y Ulberich (2008), quienes zonificaron el área óptima para el desarrollo del proyecto agroforestal en Argentina.

El aceite de las tres especies de *Jatropha* contiene un mayor porcentaje de ácidos grasos insaturados que saturados, que cuando se combinan con el oxígeno del aire forman una película dura indicando que tiene propiedad de secado, por lo tanto, puede ser poten-

especificaciones del aceite		especificaciones del biodiesel	
densidad	0.920	densidad metiléster	0.879
ppm azufre	10-14	densidad etiléster	0.886
% de humedad	7	Nº cetano metiléster	51
% aceites	48.5	Nº cetano etiléster	59
índice de yodo	97.5	carbón conradson metiléster	0.018-0.025
% cáscara / % pepita	42.7 / 56.5	-	-

Tabla 1. Especificaciones del aceite y del biodiesel

Fuente: Heller, 1996

cialmente útil para la industria de revestimiento de superficie (Augustus et al., 2002).

El aceite puro de *Jatropha curcas* (30% del peso de la semilla), presenta un valor calórico de 9335,0 kcal/kg, y puede alcanzar menos de 4% de acidez cuando está fresco (Sotolongo López et al.; 2007).

El valor del índice de Yodo indica que contiene mayor cantidad de ácidos grasos insaturados que el aceite de oliva, de palma y de tártago e igual cantidad que el aceite de maní y menor que el aceite de maíz. Los índices de hidroxilo y acetilo señalan que el aceite de *Jatropha curcas* contiene mono y/o diglicéridos (Cruz y Victoria et al, 2006).

La glicerina pura no es sólida a temperatura ambiente, pero la capa de glicerina que queda luego del proceso de transesterificación no es sólo glicerina, sino también una mezcla de glicerina, jabones, metanol sobrante y catalizador (lejía). Ésta se puede destilar para convertirla en glicerina farmacéutica (99.7% de pureza) con un alto valor añadido como materia prima industrial o como combustible en la producción de biogas.

Hay dos rutas para producir energía de los desechos del proceso de biodiesel: la bioconversión y la termoconversión, aunque la generación del biogas combinada es mejor que la combustión. La mezcla correcta de proteínas, glicerina y sales necesita ser cuidadosamente resuelta mediante futuras investigaciones.

Desde el año 2001 se está investigando la conversión en gas de la glicerina obtenida como coproducto en la transesterificación. Este proceso podría aportar tam-

bién una notable ayuda en la depuración del resto de los residuos de la planta, que se incorporarían como materia prima en los digestores.

La termoconversión de la glicerina será otra opción para el futuro teniendo en cuenta que la relación de poderes caloríficos inferiores de la glicerina y el gasoil es de 0,377 (4128,2 kcal/kg). En cuanto a la combustión se refiere, la glicerina se quema bien, pero ha de ser quemada a altas temperaturas para evitar que emita vapores de acroleína, sustancia tóxica por inhalación y por contacto a través de la piel. El límite legal de exposición humana a la acroleína es de 0,1 ppm, como promedio, durante una jornada de trabajo de ocho horas y en ningún momento se puede exceder de 0,3 ppm durante más de quince minutos. Los vapores de acroleína se producen al quemar la glicerina entre 200 °C y 300 °C. (Sotolongo López et al., 2007).

Por lo tanto, para quemar la glicerina se debe contar con unos quemadores que permitan alcanzar una combustión completa a una temperatura del orden de

insumo	jatropha curcas	girasol	soja	palma
acidez del aceite	8.00	1.70	1.30	5.00
biodiesel vs aceite	77.86	93.00	95.25	87.16

Tabla 2. Características de los aceites en relación a la producción de biodiesel
Fuente: Heller, 1996

ácidos grasos	%
araquídico	0.25
behenico	0.06
esteárico	7.84
gadoleico	0.07
linoleico	28.90
linolénico	0.24
margárico	0.12
margaroleico	0.06
mirístico	0.06
oleico	47.66
palmítico	14.24
palmitoleico	0.95

Tabla 3. Contenido de ácidos grasos presentes en el aceite de *Jatropha curcas*

los 1000 °C y mantenerlo en los quemadores durante un período superior a cinco segundos, siendo conveniente incorporar también un proceso previo de precalentamiento y atomización (Sotolongo López *et al.*, 2007).

Ecología y Rendimiento

Jatropha curcas soporta largos períodos de sequía, desprendiéndose de sus hojas para reducir la evapotranspiración. Reportó Münch (1986) que el piñón resistió años sin precipitación en Cabo Verde. No reacciona al fotoperíodo.

Su distribución en altura llega hasta los 500 m s.n.m. (Heller, 1996). *Jatropha curcas* sobrevive y crece en las tierras marginales y erosionadas, en las tierras que ya no sirven para la actividad agrícola, porque se agotaron (Jones and Miller, 1992). Está adaptada a crecer en suelos salinos, arenosos y rocosos.

Las heladas de baja intensidad y duración corta son toleradas aunque pueden disminuir el rendimiento hasta un 25% (Kieffer, 1986). El intenso frío produce la caída de sus hojas.

El rendimiento a obtener por hectárea y el porcentaje de aceite de la semilla son factores cruciales determinantes del precio del biodiesel obtenido. Obviamente el rendimiento estará en correlación al tenor de agua edáfica en el suelo en el subperíodo crítico para el agua, que coincide con la etapa reproductiva. Los mejores rindes se obtienen cuando esta planta crece con 1200-1500 mm de precipitación anual, bien distribuidos a lo largo del año.

Como se trata de una planta salvaje, aún no hay datos certeros sobre su cosecha. Según Saxena (2006) en buenas tierras y sin limitaciones de agua pueden obtenerse 5 tn de semilla por hectárea y en tierras marginales sólo 1.5 tn.

Jones y Miller, (1992) aportan rendimientos de 0.4-12 tn de semillas por hectárea. Eso representa una variabilidad enorme, que no tiene asidero científico. Para un régimen de precipitaciones de 900-1200 mm

aun rinde de 5 tn de semillas por hectárea a partir del sexto año de la plantación sería un buen resultado. Sin embargo este valor no puede generalizarse ya que habría que considerar no sólo la humedad edáfica disponible sino también el régimen térmico, la radiación interceptada por el follaje y la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

Jatropha macrocarpa y *Jatropha hieronymi*, son especies menos conocidas que la *Jatropha curcas* que crecen en forma silvestre en climas cálidos y templado - cálidos. Ambas especies son arbustos que se transforman en árboles pequeños con el tiempo, poseen hojas grandes, madera blanda, y frutos dehiscentes, razón por la cual las plantas se encuentran agrupadas. El período de floración – fructificación depende del clima del lugar, fundamentalmente de la temperatura, ya que tampoco son sensibles al fotoperíodo.

Falasca y Ulberich (2008) delimitaron el área de cultivo en Argentina para estas especies pertenecientes al género *Jatropha*, todas ellas aptas para producir biodiesel. Al considerar la variedad Cabo Verde de *Jatropha curcas* al igual que las *Jatropha hieronymi* y *J. macrocarpa*, el área potencial de cultivo se extiende más hacia al oeste argentino, que el área bioclimática para el desarrollo de la *Jatropha curcas*, es decir abarcando una mayor superficie en las provincias de la Rioja y Catamarca y agregando parte de la provincia de San Juan. El mapa que obtuvieron es casi idéntico al publicado por Font (2003) quien graficó la distribución geográfica de las distintas especies de *Jatropha* que fueron reconocidas y descritas botánicamente en Argentina. La única diferencia radica en que el área delimitada por Falasca y Ulberich (2008) llega a una latitud más alta en las provincias de Santa Fe y Entre Ríos, es decir que está desplazada más hacia el sur. No hay que olvidar que Font (2003) describió su mapa como distribución geográfica aproximada.

Jatropha macrocarpa, es autóctona de Argentina y Bolivia y *Jatropha hieronymi*, además de Bolivia y Argentina también crece en forma espontánea en Paraguay.

Dado que son especies perennes con una vida útil de 30-50 años y están adaptadas a vivir bajo condiciones de humedad subhúmedas a semiáridas, las tres especies de *Jatropha* se presentan como cultivos alternativos para extensas regiones de Sudamérica, ya que el aceite que se pueda extraer se transformaría en biodiesel, no compitiendo por superficie con los oleaginosos tradicionales.

Además se las podría utilizar para recuperar suelos erosionados y para producir biodiesel bajo condiciones de clima húmedo (Falasca y Ulberich, 2006). El cultivo de esta planta cada día se extiende con mayor fuerza en países como India, Brasil, Guatemala y algunos países africanos, los cuales están trabajando para perfeccionar las técnicas del cultivo y los procesos industriales de sus diferentes biomásas y/o residuos.

En áreas marginales de Argentina falta aún comprobar el contenido de aceite en la semilla de *Jatropha curcas*, que suponemos similar al obtenido bajo condiciones de clima tropical, en base a los datos de contenido de aceite de *Jatropha hieronymi* y *Jatropha macrocarpa*, que crecen en forma espontánea en tierras marginales de las provincias de La Rioja, Catamarca, Jujuy, Santiago del Estero, Salta y Tucumán. *Jatropha macrocarpa* también fue reconocida en la provincia de Chaco mientras que *Jatropha hieronymi* lo fue en San Juan.

Falasca y Bernabé, (2006) consideraron que aunque el rinde de *Jatropha curcas* valorado en tn/ha sea inferior que el que se obtiene creciendo bajo clima tropical, contribuirá al desarrollo de nuevas economías regionales por la generación de nuevo empleo para su cultivo y otros puestos de trabajo temporario para la recolección de los frutos.

Lamentablemente hay muy pocos datos de rendimiento en Argentina. De *Jatropha macrocarpa* se ha reportado de la fundación FUNDAPRO de la provincia de La Rioja que cada planta produce de 150-200 frutos al año y el rendimiento de aceite por planta es de 400 a 600 gramos. Considerando unas 2000 pl/ha

producirán 2500kg de semillas y como poseen 39-42% de aceite (según FUNDAPRO), rendirán 975 a 1050 kg de aceite por ha.

La recolección de frutos es manual. Se está buscando adaptar una cosechadora para que el trabajo sea mecanizado, pero el problema que presenta es que la maduración de los frutos es despareja. Habría que hacer una mejora genética para lograr una maduración uniforme. Según la bibliografía una persona podría cosechar 25-30 kg de frutos/hora.

El proyecto de *Jatropha curcas*, *J. hieronymi* y *J. macrocarpa* comienza a tener importancia a nivel local ya que permitiría industrializar la producción primaria donde se origina, y luego hacerse extensivo a nivel regional. Si alcanza la envergadura como para generar combustible para exportar cobra importancia a nivel país, compitiendo dentro del Mercosur con Brasil. A nivel global podría exportarse a la Comunidad Europea.

Como dato orientativo se puede citar al proyecto nicaragüense, donde a partir de 100 kg de fruto húmedo, se obtuvieron 23,1 kg de semilla húmeda o 15 kg de semillas secas, resultando 9 kg de almendras secas, que permitieron extraer 2,31 litros de aceite crudo.

Por cada litro de aceite procesado se consiguió 0,98 litro de éster metílico de aceite de *Jatropha curcas*, 2,08 kg de torta y 0,10 kg de glicerina. De acuerdo con la metas del proyecto piloto nicaragüense 1000 hectáreas de plantación producirían 7.100.000 barriles anuales de biodiesel, es decir alrededor de 1100 litros de biodiesel por hectárea.

El objetivo del presente trabajo fue identificar el área geográfica en el que se cumplen mínimamente las necesidades bioclimáticas que permiten el desarrollo de las tres especies del genero *Jatropha*, aptas para la producción de biodiesel, en el sector sudamericano limitado por los 0° L a - 40° L S

Materiales y métodos

Debido a que *Jatropha curcas* se trata de una especie muy plástica, que puede vivir en ambientes tropicales, subtropicales y templados, húmedos, semiáridos a áridos, fue difícil definir sus límites térmicos e hídricos. Como base se tomaron los datos publicados por Héller (1992) para diferentes biotipos que existen en el mundo.

Para buscar la probable zonificación en Argentina, Falasca y Ulberich (2008) delimitaron, en base a los datos climáticos para el período 1961-90, las áreas con temperatura media anual superior a 18°C y con precipitación media anual que excede los 500 mm.

Se tomó el límite de 18° C, que estaría indicando el límite sur del área de dispersión por temperatura y la isoyeta de 500 mm que marca el límite para hacer el cultivo de *Jatropha curcas* en condiciones de secoano (Héller, 1996). Se agregó la isoyeta de 250 mm, correspondiente a la mínima necesidad de agua, que requiere la variedad Cabo Verde (Héller, 1992) y las especies autóctonas de Argentina, Bolivia y Paraguay: *Jatropha macrocarpa* y *Jatropha hieronymi* (Falasca y Ulberich, 2008).

Del mismo modo se procedió con los otros países sudamericanos involucrados en el análisis: Bolivia,

Perú, Brasil, Paraguay, Chile, Ecuador y Uruguay. Se trabajó sobre las isotermas de 18 °C e isoyetas de 250 mm, 500 mm y 750 mm de cada país, para luego enlazar el mapa regional. Se buscó la zonificación dando énfasis a los sectores subhúmedo-secos, semiáridos y áridos, es decir áreas marginales.

Resultados y discusión

En la Figura 1 se visualiza el límite hídrico, definido por las isoyetas de 250 mm, 500 mm y 750 mm, imponiendo su límite sur y oeste y definiendo los regímenes de humedad árido, semiárido, subhúmedo y húmedo.

Si bien la mayor superficie del continente sudamericano estudiada muestra un clima húmedo con precipitaciones anuales que superan los 750 mm, resulta interesante señalar la presencia de otros ecosistemas diferentes que presentan cierta similitud a lo largo de la costa oeste sobre el Océano Pacífico, con precipitaciones que aumentan hacia el interior del continente, en líneas generales, pasando de climas áridos a semiáridos a subhúmedos y finalmente a húmedos. Las franjas que interesan son las comprendidas entre: 0 - 250 mm; 251 - 500 mm y 501 - 750 mm.

procedencia	altitud	temperatura media anual	precipitación media anual
Cabo Verde	150/1600	18.0-25.0	250-1000
Senegal	15	28.0	700
Ghana	183	27.8	1080
Benin	7	25.3	1330
Kenya	1020	28.0	790
Tanzania	430	20.0	670
India	556	11.0-38.0	672
Costa Rica	10	27.5	2000
México	16	24.8	1623

Tabla 4. Límites climáticos a que está sometida *Jatropha curcas*, según su procedencia
Fuente: Heller, 1992

En la Figura 2 se muestra el límite térmico, definido por la isoterma media anual de 18° C. Esta área abarca en Argentina la totalidad de las provincias de Chaco, Formosa, Misiones, Corrientes y Santiago del Estero. Cubre además el sector oriental de Jujuy, centro y este de Salta, gran parte de Tucumán, parte de La Rioja, Catamarca y San Juan, norte y centro de Córdoba, de Santa Fe y Entre Ríos. A nivel sudamericano comprende solo la parte norte de Uruguay; casi todo Brasil (quedando fuera el sector más austral); gran parte de Bolivia excluyendo el sector cordillerano y del altiplano; el norte de Chile y la mayor parte de los territorios de Ecuador y de Perú.

La Figura 3 resulta de la superposición de las anteriores. Está indicando la zona de Sudamérica donde podrían potencialmente cultivarse estas especies con probabilidad de éxito en condiciones de secano y con riego. Hay que destacar que no se incluyeron en el mapa, lagunas, lagos ni salares. Las áreas que más interesan a los fines del presente trabajo, son las que están coloreadas en amarillo (zonas semiáridas) y en marrón (zonas áridas).

Las regiones áridas que se visualizan en la Figura 3 (0-250 mm) de Ecuador, Perú, Chile y Argentina

podrían incorporarse a la producción de *Jatropha curcas*, *hieronymi* y *macrocarpa* con el aporte de agua suplementaria.

Las regiones semiáridas (251-500 mm) señaladas en el mapa y correspondientes a Ecuador, Perú y Argentina permiten realizar el cultivo de *Jatropha curcas* con riego y la variedad Cabo Verde, sin riego. *Jatropha hieronymi* y *J. macrocarpa* también se podrían cultivar con éxito en condiciones de secano.

En esta figura se aprecia en color verde la posibilidad de producción de *Jatropha curcas* en condiciones de secano. Esta categoría fue dividida en dos: una que comprende las regiones con condiciones subhúmedas secas (501-750 mm), marcadas con el número 2 que representa los lugares donde en realidad podrían explotarse las tres especies de *Jatropha*, fundamentalmente *J. curcas*, de la que se conoce que el rendimiento responde a la disponibilidad de humedad edáfica. Abarca un sector al sur de Ecuador; el área central de Perú; una zona al NE de Brasil, el centro y sur de Bolivia y una franja paralela al límite internacional con Paraguay; el NW de Paraguay; parte del norte y del centro de Argentina.

(Continúa en la página 112)

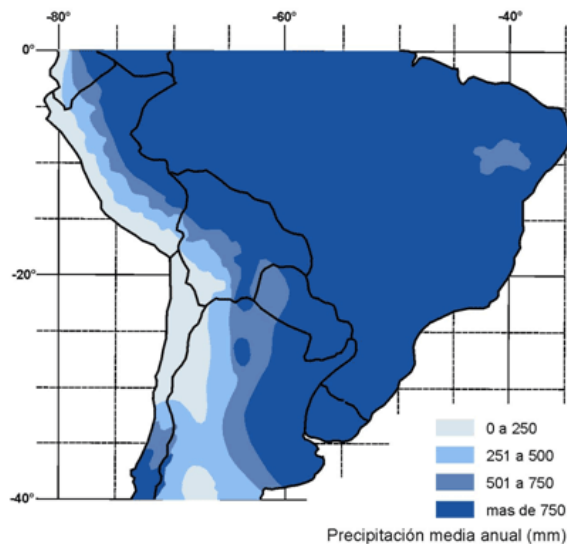


Figura 1. Precipitación media anual

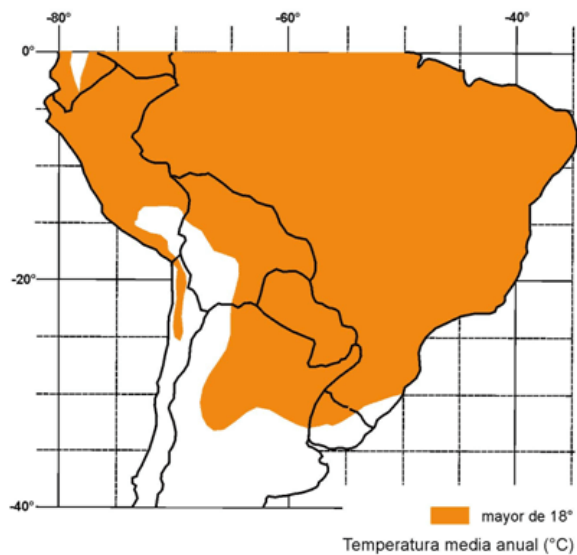


Figura 2. Temperatura media anual mayor de 18°C

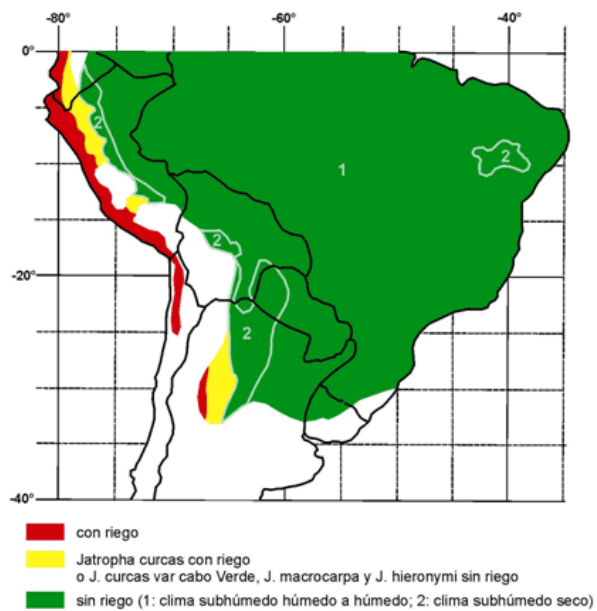


Figura 3. Zona potencial de cultivo de *Jatropha curcas*

(Viene de la página 110)

La otra categoría se marcó con el número 1. Entraría dentro de esta categoría el resto de Sudamérica que está pintada con verde en la Figura 3, con climas subhúmedo-húmedos a húmedos (>750 mm), ubicados al este del área delimitada anteriormente. Sin embargo, la mayor parte de estas tierras está destinada a la producción de alimentos, que gozan de mayor precio internacional que los biocombustibles, por lo que no recomienda incluir allí forestaciones con *Jatropha curcas*, a menos que se trate de suelos con problemas de erosión o con severas limitaciones para la agricultura o microclimas locales, con diferentes condiciones, que no se aprecian a la escala del mapa presentado.

En toda el área de estudio es posible que existan climas locales que presentan características similares a las que permitieron definir la zona potencial de cultivo pero que no aparecen en la Figura 3 por la escala reducida que presenta el mapa resultado. Por lo tanto, si bien este trabajo permitió visualizar a grandes rasgos, las zonas potenciales a ser forestadas con *Jatropha* sp, se recomienda realizar estudios a mayor escala de detalle, para definir las áreas óptimas de cultivo dentro de cada país.

Habría que hacer esfuerzos para mejorar esas tierras secas (áridas y semiáridas delimitadas en la Figura 3), zonas que constituyen el asentamiento de muchos pueblos pobres de Sudamérica, condenados a vivir con hambre, enfermedades, analfabetismo, desempleo, sin acceso al agua potable y saneamiento ambiental, sin una alimentación adecuada, sin educación, salud y energía.

En este mundo de libre mercado, hay una diferencia que marca a los pueblos. En muchas partes del mundo cuando hay inversiones y tecnología, se superan no todos pero si muchos de los problemas que limitan la vida en estas zonas adversas. Lo que se necesitan son inversiones con carácter de igualdad social y económica que permitan el desarrollo armonioso de estas poblaciones, sin imposiciones, con mucho diálogo y que satisfagan razonablemente las necesidades de las partes. Las personas pobres no tienen capacidad, no tienen recursos, no tienen cono-

cimientos y por lo tanto necesitan ser integrados. Una forma de inclusión social se lograría forestando grandes extensiones con *Jatropha* sp. y que ellos realicen el cuidado de las plantaciones incluyendo la cosecha, para luego industrializar la producción in situ.

Existen tecnologías disponibles para desalinizar las aguas salobres de pozos. En el noreste de Brasil por ejemplo es común la instalación de desalinizadores para obtener agua dulce para garantizar el suministro de las demandas en comunidades rurales dispersas. Sería una alternativa válida para sacar agua dulce de las capas freáticas profundas de los desiertos y semi-desiertos con fines de la irrigación. La decisión es una cuestión político-filosófica que determina una relación costo / beneficio social. La tecnología existe pero el costo y el manejo deberán ser bien evaluados.

Será necesario efectuar ensayos agronómicos con estas especies para obtener datos de rendimiento en diferentes provincias de nuestro país y en los diferentes estados sudamericanos, aunque habría que trabajar los aspectos genéticos, la búsqueda de clones de mejor calidad sobre la base de rendimiento de aceite, lograr mayor adaptabilidad a suelos pobres o marginales, mayor resistencia a la sequía y a las heladas, uniformidad floral, estudios mecanizados de cosechas, aspectos fitosanitarios, etc.

La investigación en los procesos de transesterificación, los catalizadores y procesos óptimos son problemas optimizables que demandarán la colaboración de las diferentes ramas de las ciencias químicas y las ingenierías.

El análisis de las condiciones económicas y los modelos de negocios para comercializar, no sólo el biodiesel sino también la glicerina, y los otros productos derivados, constituirán potenciales campos de análisis para los investigadores de economía, administración de empresas y comercio exterior.

A partir de toda la investigación aplicada y del análisis de los resultados de los ensayos que se hagan, depende el futuro de la expansión sudamericana del cultivo de *Jatropha curcas*, *hieronymi* y *macrocarpa*.

Consideraciones generales para una estrategia de promoción del cultivo de *Jatropha sp.*

Es crucial el factor económico para ponderar el alcance que puede llegar a tener esta alternativa propuesta. Deberán considerarse:

- El costo de la materia prima, ya que el precio de los aceites depende de los precios internacionales.
- Los costos del procesamiento, de la producción y del almacenamiento del biodiesel, que dependen de la tecnología empleada.
- Los costos de distribución y de comercialización.
- La carga impositiva aplicada al biodiesel.

Una estrategia encaminada al desarrollo de estos cultivos como fuente de energía y productos renovables podría permitir:

- Reducir la pobreza creando empleos y elaborando nuevos productos, como combustibles, medicinas, insecticidas, lubricantes, jabones, fertilizantes, etc.
- Solucionar problemas ambientales, como la erosión y la deforestación, además de mejorar microclimas y mitigar los gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global.
- Incrementar la calidad de vida en el campo.
- Reducir el consumo de leña en zonas rurales.
- Disminuir la vulnerabilidad alimentaria y la volatilidad de precios.
- Desarrollar tecnologías descentralizadas, en especial mitigar una parte de los problemas energéticos.

Desde el punto de vista ambiental cada árbol puede contribuir a fijar 6 kg de CO₂ (disminución de las emisiones de gases contaminantes) y 9 kg de O₂, además de contribuir a la reforestación de zonas semiáridas y secas, y ayudar a incrementar la biodiversidad,

evitar la erosión, restablecer el ciclo hídrico y formar suelos. (Sotolongo López *et al.*, 2007).

A esto se añaden las potencialidades que ofrecen estos cultivos energéticos vinculados a un sistema agroforestal, intercalando el cultivo de especies hortícolas o una pastura integrando un sistema silvopastoril, criando ganado ovino o caprino, o implantando arroz, maíz, garantizando la producción de alimentos en la explotación a nivel familiar.

Los indígenas que poblaron nuestra América aplicaron un sistema de conocimientos con un propósito determinado, en un entorno territorial limitado, transmitido de generación en generación, a fin de conservar y hacer un uso sostenible de los recursos naturales. Una adecuada planificación de ocupación y uso del territorio, que no es otra cosa que el respeto que merece la naturaleza y su aprovechamiento sostenido, entre otras cosas, puede ayudar significativamente a disminuir los efectos climáticos sobre estas poblaciones vulnerables que habitan en los climas áridos, semiáridos y subhúmedo-secos sudamericanos.

En la Costa Norte del Perú, donde existen más de 2 millones de hectáreas de bosques de algarrobo (*Prosopis sp.*), podría forestarse con cualquiera de estas tres especies de *Jatropha* para contener la desertificación y el avance de las dunas.

Las tres especies de *Jatropha* no son las únicas oleaginosas que están adaptadas a vivir en condiciones subúmedas a semiáridas.

Existen otras especies oleaginosas no convencionales que estarían adaptadas a estos países, que se pueden cultivar orientando su producción al sector energético y siendo a la vez no competitivos con el sector alimentario.

Diversificar la producción de cultivos con fines energéticos permitiría maximizar sus rendimientos de producción de aceite en condiciones de mayor rusticidad y además, conseguir disminuir los costos de producción de semillas, obteniendo aceites más baratos que se adecuen al proceso de producción y normas de calidad del biodiesel. Entre estos cultivos se

pueden citar varias especies de la familia de las crucíferas (entre ellas diversas variedades de *Brassicas* y *Thlaspi arvense*) y otros como *Cynara cardunculus* y *Camelina sativa*.

En general se trata de especies con un alto potencial productivo, tanto en rendimiento a campo como en contenido de aceite de las semillas, pero cuyo desarrollo no está completado y requieren tanto de selección genética de semillas, como de desarrollo y adaptación de técnicas de cultivo, por lo que no está prevista su entrada en el mercado industrial para biodiesel a corto plazo. En cualquier caso, existe una necesidad de desarrollo de especies alternativas que mejoren los costos de la materia prima para biodiesel y que no estén sujetos a las fluctuaciones del mercado alimentario, mejorando la rentabilidad del negocio.

Hasta ahora, los cultivos que se han considerado para la producción de materias primas destinadas a la fabricación del biodiesel han sido básicamente cultivos tradicionales producidos con fines alimentarios. El costo de producción del biodiesel fabricado con este tipo de materias primas es varias veces superior al costo del gasoil y de las naftas, por lo que para lograr viabilidad económica es preciso obtener subvenciones del estado. Actualmente se está pidiendo a los gobiernos europeos que desalienten la producción de biocombustibles, acusándolos de haber generado un tercio del aumento de precios de los alimentos durante el primer semestre de 2008.

El desarrollo de cultivos oleaginosos alternativos necesita de una política de apoyo en I+D, ya que en

este campo existe un gran potencial de producción que, además representa una nueva actividad para el sector agrario. De esta manera, se podrían ocupar varios cientos de miles de hectáreas de tierras agrícolas que hoy en día están abandonadas, se potenciaría el desarrollo rural y posibilitaría que los agricultores pudieran obtener las rentas de dichas tierras como consecuencia de su trabajo productivo.

A nivel gubernamental, se podría promover el cultivo en los sectores sociales marginales haciendo campañas de extensión, regalándoles la semilla, asistiéndolos durante la implantación y primer año de cultivo, con un compromiso de compra de la cosecha por parte del estado.

Los pequeños productores agropecuarios podrían reunirse para vender la semilla a una cooperativa para procesar las semillas, obtener el aceite y el biodiesel, para abastecimiento propio y venta en el mercado nacional, mientras que el excedente podría exportarse.

Desde los gobiernos nacionales deberían fomentarse líneas de I+D para la búsqueda de cultivos oleaginosos óptimos para la producción de biodiesel, tanto desde un punto de vista agronómico, como de adecuación de sus aceites para la producción de biodiesel que cumpla los parámetros de calidad establecidos. Con ello, se pretende posibilitar una nueva alternativa de cultivo rentable para el sector agrario, a la vez que se garantizará un suministro de calidad a la industria del biodiesel a un costo competitivo.

Referencias

- Anon. 1986. The useful plants of India. The useful plants of India. Publications and Information Directorate CSIR; New Delhi, India.
- Augustus, G.S, Jayabalan, M. and Seiler, G.J. 2002. Evaluation and bioinduction of energy components of *Jatropha curcas*. Biomass and Bioenergy. 23:161-164.
- Calle, J; Coello, J y Castro, P. 2005. Opciones para la producción de biodiesel en Perú. Mosaico Científico. V 2, Nº 2. Lima.
- Cortesaio, M. 1956. Culturas tropicais: plantas oleaginosas. Lisboa: Clássica. 231 pp.

- Cruz y Victoria, M.T; Contreras Tinoco, K.E y Anaya Sosa, I. 2006. Aceite de la *Jatropha curcas*; análisis de su composición. REPSYN. Universidad Autónoma Nueva León. México. Edición Especial N° 16. Artículo 81.
- de Arruda, F.P.; De Macedo Beltrao, N.; Pereira de Andrade, A.; Pereira, W. e Soares Severino, L. 2004. Cultivo de Pinhao manso (*Jatropha curcas*) como alternativa para o semiárido nordestino. Rev. Bras. ol. fibras. Campina Grande. V 8 N° 1, 789-799.
- Falasca, S. y Bernabé, M.A. 2006. Impacto regional en la zona semiárida argentina implantando cultivos para biodiesel. IX Congreso Internacional de Ciencias de la Tierra. Santiago de Chile. Publicado en CD-ROM.
- Falasca, S. y Ulberich, A. 2006. Distribución potencial del cultivo de piñón manso (*Jatropha curcas* L) en Argentina. S. Actas XI Reunión Argentina de Agrometeorología. P 38-39. U. N. La Plata.
- Falasca, S y Ulberich, A. 2008. Las especies del género *Jatropha* para producir biodiesel en Argentina. Revista Virtual REDESMA. Bio-combustibles. Área Investigación. V 2 (1)(2008). ISSN 1995-1078. La Paz. Bolivia. 19pp.
- Font, F. 2003. Las especies del género *Jatropha* L (Euphorbiaceae, Crotonoideae) en Argentina. Revista del Círculo de Coleccionistas de Cactus y Crasas de la República Argentina. V 2 N° 1. 4-20.
- Heller, J. 1992. Untersuchungen über genotypische Eigenschaften und Vermehrungs- und Anbauverfahren beider PurgiernuB (*Jatropha curcas* L). Dr Kovac, Hamburg.
- Heller, J. 1996. Physic nut, *Jatropha curcas*. Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crops. International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), Rome, Italy.
- Jones N. and Miller J.H. 1992. *Jatropha curcas*: A multipurpose Species for Problematic Sites. The World Bank, Washington DC USA.
- Kiefer, J. 1986. Die PurgiernuB (*Jatropha curcas* L.) – Ernteprodukt, Verwendungsalternativen, Wirtschaftliche Überlegungen. Diploma thesis University Hohenheim, Stuttgart.
- Mac Laughlin, S.P. 1985. Economics prospects for new crops in the south western United States. Economic Botany 39:473-481.
- Makkar, H.P.; Becker, K and Schmook, B. 1998. Edible provenance of *Jatropha curcas* from Quintana Roo State of Mexico and effect of roasting on antinutrient and toxic factors in seeds. 4 pp.
- Martinez Herrera, J; Siddhuraju, P; Francis, G; Davila Ortiz, G and Becker, K. 2006. Chemical composition, toxic / antimetabolic constituents, and effects of different treatment on their levels, in four provenances of *Jatropha curcas* L. from Mexico. Food Chemistry 96: 80-89.
- Münch, E. 1986. Die PurgiernuB (*Jatropha curcas* L.) – Botanik, Ökologie, Anbau. Diploma thesis University Hohenheim, Stuttgart.
- Peixoto, A.R. 1973. Plantas oleaginosas arbóreas. Sao Paulo: Nobel. 284 pp.
- Saxena M.C. 2006. *Jatropha curcas*, an excellent source of renewable energy in the dry areas. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA).
- Silva Noelli, F. 1996. Múltiplos Usos de Espécies Vegetais pela Farmacologia Guarani a través de Informações Históricas. I Simpósio de Etnobiologia e Etnoecologia. Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia.
- Sotolongo Pérez, J.A ; Beatón Delgado, P.A.; Díaz García, A.; Montes de Oca López, S; del Valle Atala, Y. y García Pavón, S. 2007. Potencialidades energéticas y medioambientales del árbol *Jatropha curcas* L en las condiciones edafoclimáticas de la región semiárida de la provincia de Guantánamo. Tecnología Química. Vol 27. N° 2.

Biocombustibles, agua y agricultura en los Andes

Javier Coello Guevara, Paula Castro Pareja*

* Ing. Javier Coello Guevara, Soluciones Prácticas – ITDG
Ing. M.Sc. Paula Castro Pareja, Universidad de Zúrich

Este documento fue presentado en el Foro Andino del Agua y la Alimentación (29 al 31 de enero del 2008, Bogotá, Colombia)

Resumen

En el presente documento, se han formulado las reflexiones en torno a las posibilidades y los puntos críticos de los biocombustibles en relación al agua y a la agricultura en los Andes, con especial énfasis en el caso peruano, pero intentando proyectar el análisis para toda la región andina.

Introducción

El organismo de cooperación técnica internacional Soluciones Prácticas – ITDG en alianza con la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) han venido trabajando en el tema de biocombustibles, específicamente biodiesel, en el Perú desde el año 2000, año en que realizaron los primeros ensayos documentados de producción y uso de biodiesel en el Perú.

Posteriormente, desde el año 2003, y hasta la actualidad, estas instituciones conformaron un equipo permanente de investigación, con sede en el Laboratorio de Energías Renovables (LER) de la UNALM para el estudio de los posibles escenarios para la producción y uso de biodiesel a pequeña escala en el Perú. Además de los apoyos a iniciativas privadas y comerciales, el trabajo realizado se ha centrado en la evaluación de dos posibles escenarios para la producción de biodiesel a pequeña escala en el país: la elaboración artesanal en comunidades amazónicas aisladas a partir de aceites de especies vegetales abundantes, nativas o introducidas como una posible solución al problema de acceso a la energía de dichas comunidades; y, la producción a partir de aceites vegetales usados en zonas urbanas para ser usado como aditivo del combustible diesel en vehículos de transporte terrestre para reducir las emisiones de gases contaminantes

y como una alternativa para resolver la disposición final de los aceites usados.

En ambos escenarios, se ha buscado identificar las condiciones requeridas que permitan hacer viable – técnica, económica, social, económica, legal y ambientalmente – la producción de biodiesel a pequeña escala, incluyendo la superación de las barreras que se identifiquen (Calle *et al.*, 2007). Los avances y aprendizajes de esta experiencia se han plasmado en la publicación Opciones para la producción y uso del biodiesel en el Perú (Castro *et al.*, 2007).

Por otra parte, el Ministerio de Energía y Minas (MEM) del Perú convocó en el 2007 a un grupo diverso de actores de instituciones públicas, empresas privadas, universidades, agencias de cooperación, organismos multilaterales y sociedad civil para iniciar, de manera conjunta, un proceso de planificación concertada orientado a compartir una visión de futuro y estrategias claras para las energías renovables y los biocombustibles en el Perú. Por ello, y como continuación del proceso iniciado con la organización del 1er Congreso de Biocombustibles y Energías Renovables (COBER) y la firma de un memorando de entendimiento con Global Village Energy Partnership International (GVEP), se organizaron dos talleres de planificación concertada sobre energías renovables y biocombustibles, en los meses de julio y septiembre

del 2007, con el fin de iniciar un proceso de planificación concertada en dichos temas. Adicionalmente, entre julio y diciembre del 2007, con el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) se elaboró un diagnóstico de las energías renovables y los biocombustibles en el Perú, y una propuesta de plan de trabajo para la elaboración de un Plan Estratégico para Energías Renovables y el Plan Estratégico de Biocombustibles, el mismo que se tiene previsto preparar en el año 2008 (Coello, 2007).

A partir de estos avances y experiencias, se han formulado las reflexiones contenidas en el presente documento en torno a las posibilidades y los puntos críticos de los biocombustibles en relación al agua y a la agricultura en los Andes, con especial énfasis en el caso peruano, pero intentando proyectar el análisis para toda la región andina.

Biocombustibles

Energía de la biomasa

La energía de la biomasa procede de la energía solar fijada por los vegetales mediante la fotosíntesis y acumulada en los enlaces químicos de las moléculas orgánicas que los conforman -es entonces una forma de energía química. Esta energía puede ser aprovechada de forma directa por combustión (la energía se libera al romperse los enlaces de los compuestos orgánicos durante la combustión) o de forma indirecta a través de compuestos derivados como alcoholes, ésteres, gases de gasógeno o de digestión anaeróbica -los biocombustibles (los cuales a su vez se usarán en un proceso de combustión) (Fernández González, 2002).

Cuando se quema, la biomasa libera agua y dióxido de carbono (CO₂), el principal gas de efecto invernadero. Pero cuando esta biomasa es producida -cuando las plantas que dan origen a la biomasa crecen- una cantidad equivalente de CO₂ es tomada de la atmósfera mediante la fotosíntesis. La emisión neta de CO₂ será nula mientras que se continúe replantando vege-

tales para la producción de nueva biomasa (Institute for Plasma Physics Rijnhuizen, 2005).

Anualmente las plantas fijan, por medio de la fotosíntesis, 70 mil millones de toneladas de carbono (Hoeneisen, 1997) con un contenido de energía equivalente a unas diez veces el consumo mundial de energía anual. El contenido energético de la biomasa almacenada en la superficie terrestre es semejante al de las reservas probadas de todos los combustibles fósiles. La energía total de las reservas de carbón representa tan sólo unos 130 años de fotosíntesis neta.

Sin embargo, del total de la energía que se consume en el mundo, la biomasa supone sólo el 10,6%, centrándose el mayor consumo en los países en vías de desarrollo (IEA, 2006) -principalmente en forma de leña, pero también estiércol y residuos de cosechas: la denominada biomasa tradicional. El consumo de este tipo de biomasa puede ocasionar graves problemas de deforestación, erosión, empobrecimiento de suelos e inundaciones.

Las fuentes de biomasa para la obtención de energía pueden clasificarse de diferentes maneras, por ejemplo, según su forma de uso (Fernández González, 2002):

- Biocombustibles sólidos: por ejemplo la paja, leña, astillas, briquetas y pellets, el carbón vegetal.
- Biocombustibles líquidos: alcoholes, aceites vegetales y ésteres derivados de ellos (biodiesel), aceites de pirólisis, biohidrocarburos.
- Biocombustibles gaseosos: gas de gasógeno, biogás, hidrógeno.

Biocombustibles líquidos

Los principales argumentos que se esgrimen a favor de los biocombustibles líquidos, especialmente del

etanol y el biodiesel, son (Castro *et al.*, 2007; Coello y Castro, 2006):

- Los cultivos energéticos perennes que dan origen a la producción de etanol y biodiesel protegen al suelo de la erosión. Pueden ser utilizados para reforestar o revegetar tierras previamente degradadas. En el caso de cultivos leguminosos de rotación, éstos pueden ayudar a mantener la fertilidad del suelo.
- Crean puestos de trabajo tanto en el sector agrícola como en el de la transformación, manteniendo la actividad agrícola y fijando la población rural. Pueden proveer de seguridad energética en zonas rurales. Genera nuevos mercados para el sector agrícola.
- Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y de emisiones de agentes contaminantes como los óxidos de azufre, monóxido de carbono y material particulado: producir y usar biocombustibles emite menos CO₂ que el fijado por las plantas usadas como insumo; además, al tener oxígeno en su composición, su combustión es más completa.
- Reducción de la dependencia del petróleo importado. Como pueden producirse a partir de insumos locales, los biocombustibles pueden contribuir en la reducción de importaciones de diesel y/o gasolinas y a mejorar la balanza comercial.
- Ventajas técnicas: los rendimientos entre la gasolina y el etanol, y entre el diesel y el biodiesel, son prácticamente similares, o con diferencias poco significativas. En pequeñas proporciones de mezcla, se pueden emplear directamente en los motores convencionales evitando así la necesidad de hacer inversiones en modificaciones o de introducir tecnologías nuevas para su aprovechamiento.

Debate general sobre el etanol y el biodiesel

La producción de etanol y biodiesel, los biocombustibles líquidos más difundidos, también tiene -o puede

tener- otros impactos ambientales negativos que cuestionen su naturaleza renovable, limpia y sostenible. Entre los temas que aún se encuentran en debate y discusión, destacan los siguientes:

Cambios en el uso del suelo: deforestación y pérdida de biodiversidad

Las materias primas vegetales más viables económicamente son aquellas que tienen grandes contenidos de energía, altos rendimientos por hectárea y requieren poco procesamiento, tales como la caña de azúcar para el caso del etanol y la palma aceitera para el biodiesel. Dado que estos cultivos son de áreas tropicales, los países en desarrollo están siendo favorecidos como áreas de producción de estas materias primas para biocombustibles.

Sin embargo, inmensas cantidades de materia prima son necesarias para reemplazar incluso una pequeña fracción del combustible utilizado para el transporte en el mundo. Por esto, se requieren vastas áreas de terreno para satisfacer la creciente demanda por biocombustibles, y la controvertida elección está entre reemplazar tierra agrícola para producir biocombustibles, o transformar áreas naturales para instalar cultivos energéticos. El reemplazo de la tierra agrícola reduce el terreno disponible para producción de alimentos, y la conversión de áreas naturales -principalmente bosques- afecta recursos naturales tales como madera, agua, suelo y biodiversidad (PANOS, 2006).

Balance energético

En el análisis de ciclo de vida de los biocombustibles se pueden calcular, fundamentalmente, dos tipos de indicadores energéticos: el ratio entre la energía contenida en el biocombustible y la energía total utilizada en su producción; el ratio entre la energía contenida en el biocombustible incluyendo los subproductos de su producción, y la energía total utilizada en su producción (Janulis, 2004). En ambos casos estamos hablando de un balance energético del biocombustible.

Estos indicadores energéticos dependen de las condiciones climáticas y las tecnologías agrícolas y de procesamiento utilizadas, por lo que los balances energéticos para los biocombustibles variarán de país a país. En la mayoría de los casos el balance obtenido es positivo (es decir, se obtiene más energía en el biocombustible, que la empleada en su producción). Sin embargo existen casos en los que el balance es negativo, es decir, el consumo de energía utilizado en la producción del biocombustible sería mayor que la energía generada por este (y sus subproductos) en su combustión (Castro *et al.*, 2007).

Algunos ratios usualmente referidos en la bibliografía especializada señalan los siguientes balances energéticos:

- Etanol:
 - Maíz (Estados Unidos): 1 a 2.
 - Caña de azúcar (Brasil): ± 8 .
- Biodiésel:
 - Colza (Unión Europea): 2 a 3.
 - Soya (Estados Unidos): ± 3 .
 - Aceites usados: 5 a 6.
 - Palma africana: ± 9 .

Balance de gases de efecto invernadero

El beneficio de los biocombustibles que mayores debates genera, debido a las numerosas evaluaciones contradictorias que se han realizado, es el referido a las emisiones de gases de efecto invernadero. Diversos estudios han indicado que el etanol y el biodiesel emiten menos CO₂ en su ciclo de vida que el fijado mediante el proceso de fotosíntesis por los vegetales usados para producirlo (Castro *et al.*, 2007).

Sin embargo, la estimación de balances de energía y de gases invernadero para los biocombustibles es compleja. Aunque la combustión del biodiesel se considera neutral en términos de CO₂ (IPCC, 1996), su producción puede requerir insumos o procesos que pueden distorsionar este balance. Por ejemplo el uso

de fertilizantes nitrogenados puede ocasionar la emisión de N₂O a la atmósfera. Según la IEA (2001), este gas retiene 310 veces más calor que el CO₂, contribuyendo al cambio climático, y además afecta a la capa de ozono. El balance final de gases de efecto invernadero depende del vegetal cultivado, el sistema de producción, el rendimiento por hectárea, los insumos utilizados, y el grado de aprovechamiento de los residuos de producción (por ejemplo como combustibles en el proceso de transformación, o como alimento para ganado) (Ryan *et al.*, 2006).

En el Gráfico 1 se puede observar cómo las emisiones de gas de efecto invernadero (GEI) se distribuyen a través de varias cadenas de producción de biodiesel, etanol y derivados del petróleo. Se muestra que con los biocombustibles son posibles ahorros por encima del 80% en comparación con los combustibles fósiles, dependiendo de la vía de producción y el biocombustible. Sin embargo surgen diferencias en toda la cadena de producción (Zah *et al.*, 2007).

Balance de impactos ambientales totales

Si bien los impactos ambientales del uso de combustibles fósiles son mayores en comparación con los biocombustibles; esto es sobrecompensado por los impactos ambientales de la producción agrícola requerida para la producción de los biocombustibles. La mayor parte de los impactos ambientales de biocombustibles son causados en la producción de los cultivos agrícolas. En el caso de la agricultura tropical esto se debe principalmente a la tala y quema de bosques que genera gran cantidad de CO₂ libre, generando contaminación atmosférica con impactos severos en la biodiversidad. En el caso de la agricultura en zonas templadas, los principales impactos se originan en la acidificación de los suelos, el uso excesivo de fertilizantes agrícolas y la labranza mecanizada. Por ello se debe buscar una relación óptima entre el rendimiento energético y el bajo impacto ambiental a través de la variedad y rotación de cultivos.

Los biocombustibles elaborados a partir de materiales de desecho o residuos son los que menores impactos ambientales generan gracias a que evitan altos impactos por el suministro de materias primas, y en

segundo lugar porque las emisiones ambientales pueden ser reducidas, pues de otro modo se generarían emisiones en el tratamiento del desecho.

Como se puede ver en el Gráfico 2, no todos los biocombustibles son convenientes para reducir el impacto ambiental en comparación con los combustibles fósiles. Sin embargo el impacto ambiental de los biocombustibles -a diferencia de los combustibles fósiles- puede ser reducido mediante medidas apropiadas. Debido a este potencial de optimización uno puede esperar que en el futuro se puedan lograr mejores resultados para diferentes vías de producción (Zah *et al.*, 2007).

Límites de la oferta de materia prima

Es necesario tener cautela respecto a la expansión del mercado de los biocombustibles.

Tanto el alcohol como los aceites vegetales requieren terreno agrícola para su producción, bastante escaso en muchas partes del mundo, cuya creación puede impactar en ecosistemas naturales frágiles y en la seguridad alimentaria de la humanidad, especialmente en los países más pobres. Incluso el subdirector general de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Alexander Mueller, señaló que “existe un enorme potencial para los biocombustibles pero debemos mirar a la competencia con la producción de alimen-

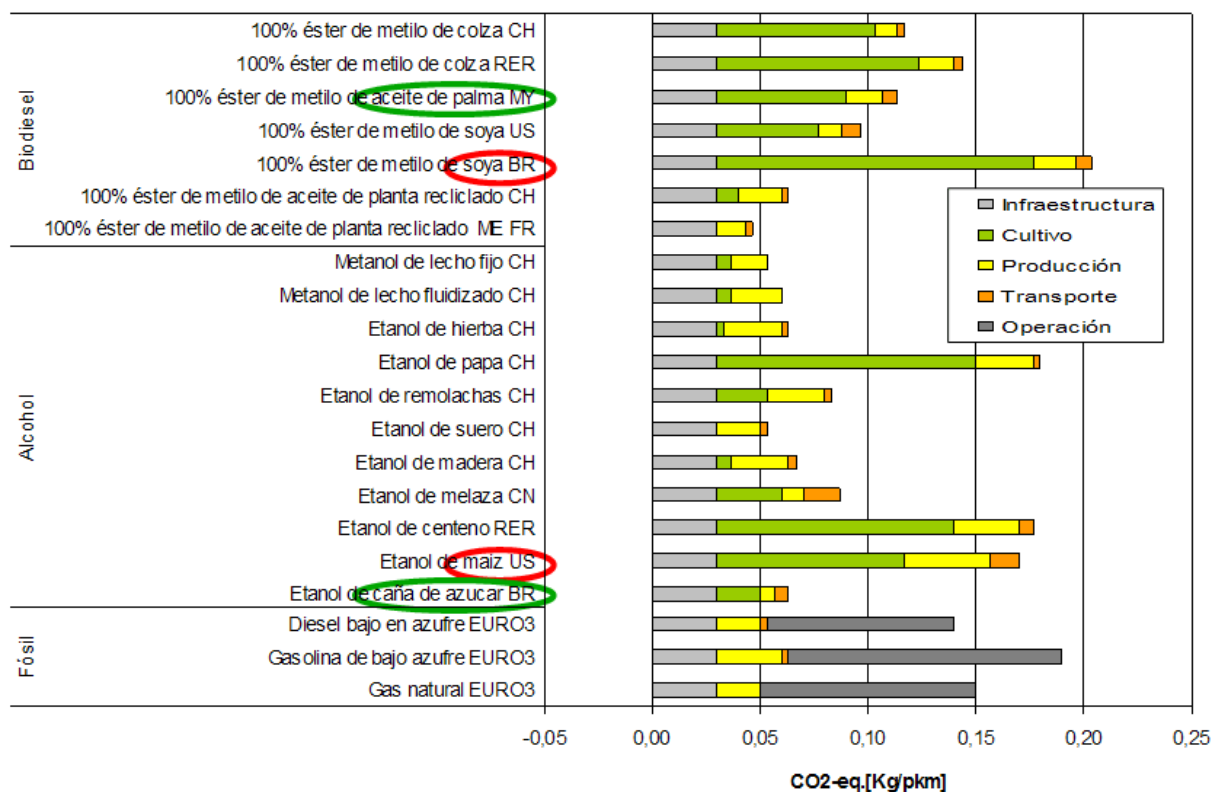


Gráfico 1. Emisiones de gases de efecto invernadero de biocombustibles y combustibles fósiles

Fuente: Zah *et al.* (2007)

tos. La creciente producción de biocombustibles de cultivos podría complicar las metas de las Naciones Unidas de acabar con el hambre en los países en desarrollo, donde 850 millones de personas no tienen lo suficiente para comer”.

Los biocombustibles, entonces, no podrían llegar a reemplazar a una proporción alta del combustible fósil utilizado en la actualidad, debido a la limitada disponibilidad de tierras para la producción de aceites y alcohol. Por lo tanto, la posible contribución de los biocombustibles para mejorar la sustentabilidad del sistema energético es relativamente limitada (Friedrich, 2004).

Otro recurso limitado, pero de importante consideración cuando se analicen posibles producciones de

cultivos oleaginosos o alcoholígenos para la producción de biocombustibles, es el agua. En áreas relativamente pequeñas o medianas, puede ser un tema relativamente manejable, pero cuando son miles o cientos de miles las hectáreas que se piensen incorporar para la producción agrícola, es necesario no perder de vista la disponibilidad de este escaso recurso. En este sentido, una opción a evaluar, de manera complementaria, dados los fines no alimenticios de estos cultivos, podría ser el uso de aguas residuales, las cuales, en vez de ser vertidas sin mayor tratamiento a ríos y cursos de agua, podrían ser reaprovechados casi directamente en el riego de estos cultivos energéticos (Castro *et al.*, 2007).

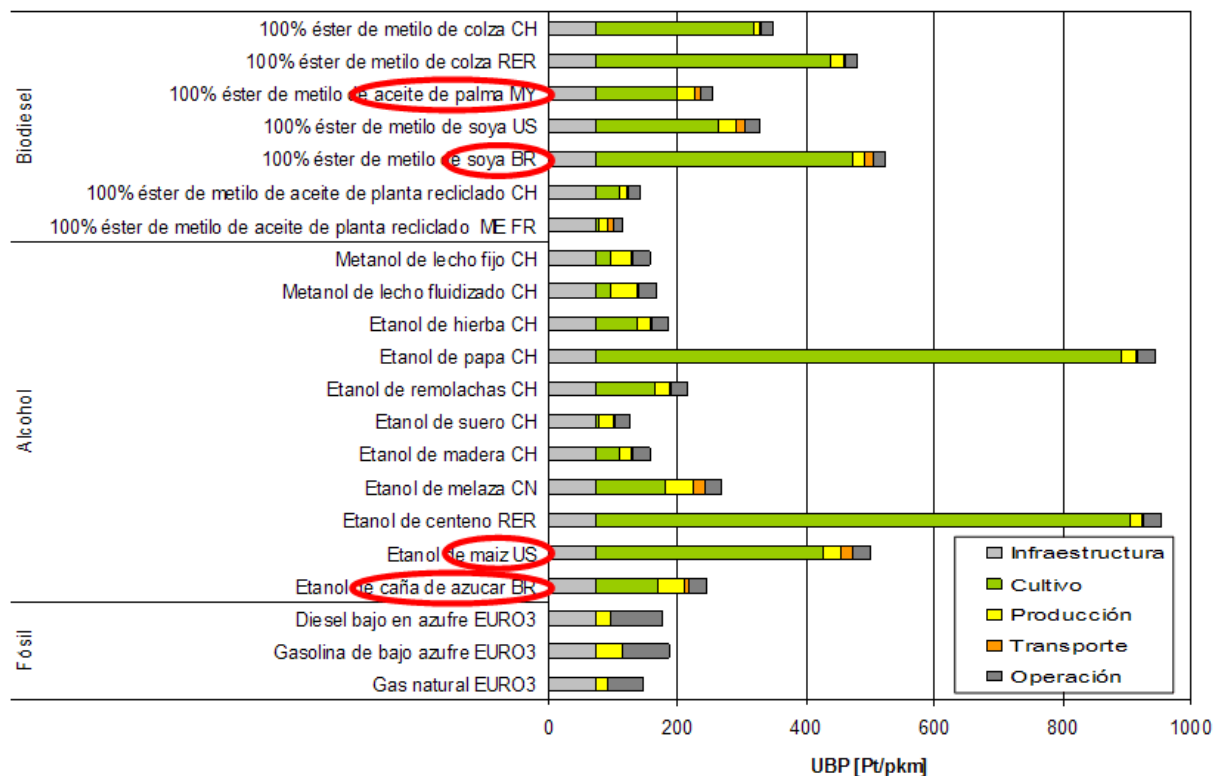


Gráfico 2. Impactos ambientales totales de biocombustibles y combustibles fósiles
Fuente: Zah *et al.* (2007)

Agua en los Andes

La subregión andina conformada por Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela, con un área de 4718320 km², representa el 26,5% de la superficie total de la región sudamericana. La cordillera de los Andes cubre una parte importante del territorio de esta región y alberga una proporción considerable de la población, a diferencia de lo que ocurre en Chile y Argentina. Todos los países de la subregión andina, a excepción de Bolivia, presentan tres regiones con características climáticas muy diferenciadas: la costa, la sierra (Andes) y la selva (Amazonía). El área costera del Perú y una gran parte del Ecuador son cálidas y secas debido a la Corriente de Humboldt y a la influencia de la cordillera de los Andes sobre las masas de aire húmedo y cálido provenientes de la cuenca del Amazonas. La precipitación se incrementa progresivamente hacia el norte como efecto de la menor altura que presenta la cordillera en esa dirección. Por ejemplo, en la proximidad de la costa pacífica de Colombia (selva del Choco) la precipitación excede los 9000 mm/año, mientras que en la costa peruana,

difícilmente supera los 25 mm/año. La sierra es fría, con temperaturas que varían de acuerdo a la altitud; y el clima es generalmente seco. En la selva amazónica, la precipitación es abundante y el clima es tropical, cálido y húmedo, con temperaturas constantes a lo largo del año (FAO, 2003).

En el Gráfico 3 se puede apreciar el mapa de recursos hídricos renovables internos por país elaborado por la FAO (2003) que da una idea sobre la distribución de agua promedio a nivel de países. Como se puede apreciar, teóricamente los países de la región andina están en el grupo con mayor disponibilidad hídrica en el planeta.

No obstante, tal como se mencionaba líneas arriba, la distribución de los recursos hídricos varía mucho según la región. Según el International Water Management Institute (IWMI) gran parte de Bolivia, Ecuador y Perú está en una situación de escasez económica de agua; esto ocurre cuando la inversión necesaria para atender la demanda creciente de agua es constreñida por las limitadas capacidades financieras, huma-

(Continúa en la página 126)

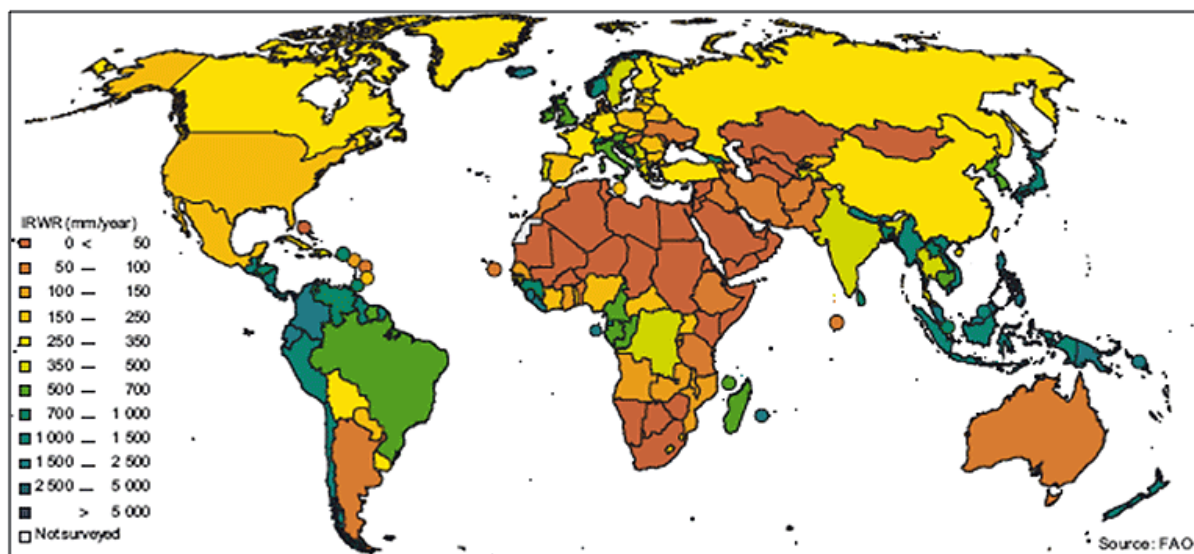


Gráfico 3. Mapa de recursos hídricos renovables internos por país

Fuente: FAO (2003)

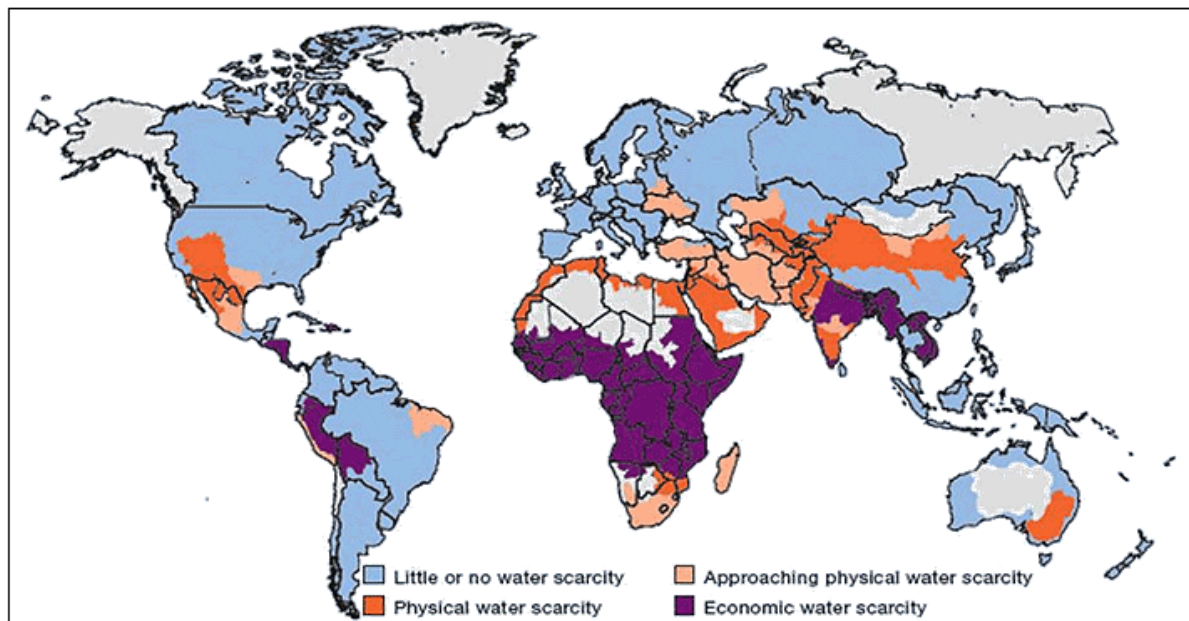


Gráfico 4. Mapa de áreas con escasez física o económica de agua

Fuente: IWMI (2007)

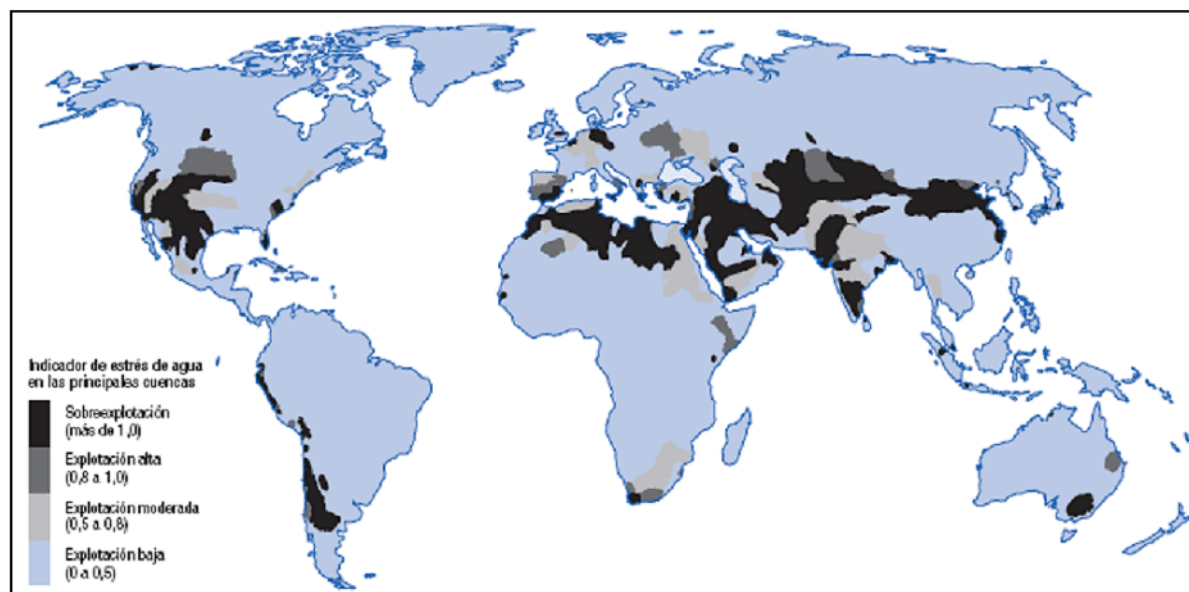


Gráfico 5. Mapa de uso excesivo de agua y estrés ecológico

Fuente: PNUD (2006)

(Viene de la página 124)

nas o institucionales existentes. En una situación más crítica se encuentra toda la franja costera del Perú, la cual se aproxima a una escasez física de agua; esto quiere decir que más del 60% del caudal de los ríos se dedica a la agricultura, industria y usos domésticos, y que sufrirá escasez física próximamente (IWMI, 2007).

El Informe sobre Desarrollo Humano 2006 del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), por su parte, señala que el uso excesivo de agua está dañando el medio ambiente en muchas de las principales cuencas, incluyendo la costa peruana y el sur de la costa ecuatoriana, donde se habría sobre explotado los recursos hídricos existentes. Es decir, el uso del agua en estas zonas del Perú y Ecuador ha superado el nivel necesario para mantener la integridad de sus cuencas fluviales (PNUD, 2006).

Agua en el Perú

Según la FAO (2003), el Perú es el octavo país en cuanto a recursos hídricos totales, y ocupa el segundo lugar cuando dichos recursos se estiman per cápita. No obstante, y tal como hemos visto anteriormente, amplias zonas del Perú está o estarán en situación de estrés hídrico. Asumiendo una tasa de crecimiento demográfica baja, el Perú sufrirá estrés hídrico (disponibilidad de 1200 m³/hab/año) en el 2025; en

tanto que si la tasa de crecimiento demográfica es alta, en dicho año el Perú estaría en una situación de escasez hídrica (disponibilidad de agua dulce de 1000 m³/hab/año).

Como se puede ver en los Gráficos 6 y 7, la costa que es el área con mayor consumo de agua, básicamente por sus importantes consumos agrícolas y poblacionales, pero es la que presenta la menor disponibilidad hídrica. Además, existe una alta variabilidad estacional de la disponibilidad hídrica, sobre todo en los ríos de la costa, debido a las grandes variaciones entre épocas de avenida y épocas de escasez en las estaciones secas y a las frecuentes inundaciones y sequías (Sánchez y Orrego, 2007).

El riego es el mayor consumidor de agua en la región costera, con una eficiencia baja en su utilización lo que representa importantes pérdidas del recurso. La superficie total de regadío ocupa aproximadamente 1,7 millones de hectáreas, de las que el 59%, cuentan con su propia infraestructura de riego y están situadas en las áreas secas de la región costera, cuya producción está orientada básicamente a la exportación, actividad que ha tenido un fuerte crecimiento en los últimos años, exportándose aproximadamente, 1600 millones de dólares en el 2005. Sin embargo, en las otras áreas irrigadas, existe un problema de pérdida de tierras agrícolas debido al ineficiente uso del agua irrigada, lo que trae problemas de drenaje y salinidad, agravado por la instalación de cultivos de altos con-

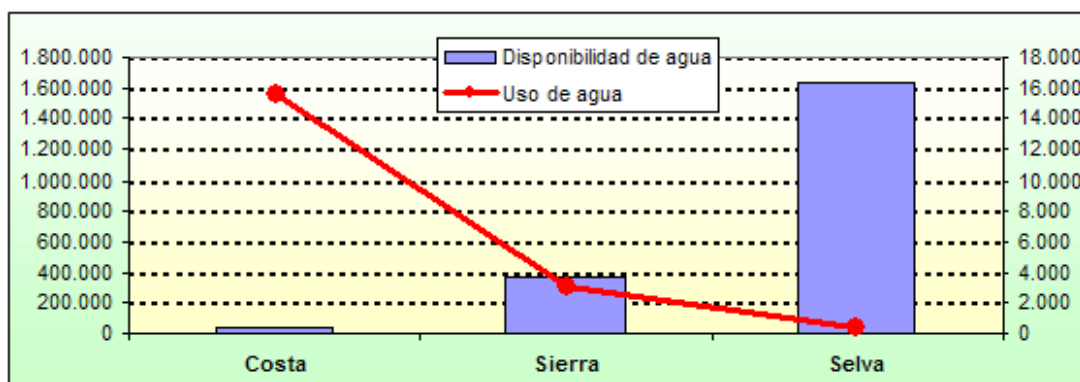


Gráfico 6. Disponibilidad y uso de agua en el Perú, según regiones (2003) (en millones de m³)
Fuente: INRENA (citado en Sánchez y Orrego, 2007)

sumos de agua como el arroz y la caña de azúcar. Este panorama de ineficiencia se da por la combinación de derechos de agua poco claros, falta de mediadores y un deficiente sistema de control de pagos, factores que han debilitado, si no eliminado, los incentivos al mantenimiento y reparación de los sistemas de distribución, a la sustitución de anticuados métodos de riego por gravedad y por inundación, o al abandono de los cultivos y las técnicas de cultivo intensivos en agua (Sánchez y Orrego, 2007).

Biocombustibles, agua y agricultura en el Perú

Presión sobre el recurso agua

Un punto álgido en la agenda de desarrollo de los biocombustibles en el Perú es la escasez de agua para la implementación de grandes áreas de cultivo. Dos de los principales cultivos promovidos para la producción de biocombustibles, la caña de azúcar para etanol en la costa y la colza para biodiesel en la sierra, demandan importantes cantidades de agua.



Gráfico 7. Vertientes hidrográficas del Perú
 Fuente: INRENA (2005)

Por otro lado, el Ministerio de Agricultura (MINAG) estaría considerando la premisa de que el tema de la escasez de agua es únicamente un problema de falta de construcción de nuevos proyectos de irrigación, con cuya instalación se podría incorporar 157 200 hectáreas nuevas de caña bajo riego presurizado o 114 723 hectáreas con riego por gravedad. Asimismo, de acuerdo a este análisis se concluye que en las doce empresas azucareras más grandes de la costa hay una capacidad de ampliación de 47 178 hectáreas sin sembrar (Trujillo, 2007). El agua requerida para habilitar estas áreas saldría de la ejecución de algunas de las 71 propuestas de proyectos de represamiento de aguas que se pierden en el mar en época de avenidas, las que de ser viabilizadas permitirían almacenar 6,458 MMC. Sin embargo, hay otras opiniones y estudios que indican que no es suficiente la inversión en nueva infraestructura de riego, sino un cambio en la cultura del uso del agua, principalmente por los pequeños y medianos agricultores, con la finalidad de permitir una dinámica adecuada del recurso, ya que de desarrollarse estas obras ellas estarían a disposición del uso de todos los beneficiarios de las zonas irrigadas.

Cabe señalar que, según datos del Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) en los últimos 30 años se han invertido más de USD 5 mil millones en proyectos de irrigación en la costa, descuidando la realización de proyectos en la sierra. Debido a que los proyectos de la costa demandan mayor consumo de agua y ésta es provista de la sierra, se han generado problemas entre los gobiernos regionales que desean hacer uso del agua sin tomar en cuenta las necesidades del otro. Es crítico, pues, evaluar la real disponibilidad de este recurso en las zonas de producción de biocombustibles, y que la ampliación de los mismos no genere conflictos entre grandes y pequeños agricultores, entre empresas competidoras, y entre diversos usos del agua, incluyendo el consumo humano, pesca o acuicultura, minería e industria y el mantenimiento del sistema ecológico acuático (Sánchez y Orrego, 2007).

Presión sobre el recurso suelo

De la superficie de 128,5 millones de hectáreas con las que cuenta el país (12% costa, 28% sierra y 60% selva), sólo 7,6 millones de hectáreas (6% de la superficie total) tiene capacidad para cultivos agrícolas. Del total de la superficie agrícola, se tiene que entre el 55% y 60% de las tierras están afectadas por la erosión en diversos grados, y que en la costa, aproximadamente 300 mil hectáreas registran problemas de salinidad. Los suelos del país son en general de baja fertilidad por acidez natural, por pérdida de nutrientes, salinidad y toxicidad, entre otros. Además, los suelos de la selva son en general de baja fertilidad por el lavado de los nutrientes por las altas precipitaciones. Según el último Censo Nacional Agropecuario de 1994, la superficie agrícola en uso era de 5,4 millones de hectáreas (4,3% de la superficie total), de la cual 3 millones correspondían a tierras con cultivos transitorios y cultivos permanentes. Por otro lado, de la superficie agrícola en uso 1,7 millones de hectáreas (32%) se encontraba bajo riego y 3,7 millones de ha (68%) bajo secano (Sánchez y Orrego, 2007).

La Ley de Promoción del Mercado de Biocombustibles y sus reglamentos han establecido metas obligatorias de mezcla de etanol con gasolina (7,8% obligatorio a partir del año 2010), y de biodiesel con diesel (2% obligatorio a partir del 2009, y 5% obligatorio a partir del 2011). Para responder a esta nueva demanda se requeriría incorporar cerca de 88 mil hectáreas de caña de azúcar, si es que el etanol se obtiene solo de la melaza (subproducto de la fabricación de azúcar), o 7 300 hectáreas, si es que el etanol es extraído de todo el jugo de la caña (sin producción de azúcar). En el caso del biodiesel la demanda de biodiesel será de 355 mil barriles o 215 mil toneladas por año; considerando los cultivos oleaginosos más promovidos en el país esto significaría contar con 226 mil hectáreas de colza o 45 mil hectáreas de palma (o combinaciones de las mismas), sin considerar los requerimientos para aceite de consumo humano (Coello y Castro, 2007).

No obstante, los anuncios realizados respecto a nuevas plantaciones de canola, caña de azúcar y palma -

que se pretenden incorporar en los próximos años como insumos para los biocombustibles -sumarían unas 500 mil nuevas hectáreas. Esta proyección, orientada en gran parte a la posible exportación de biocombustibles, no parecería factible considerando la reducida superficie con aptitud agrícola del Perú y los efectos que dicha incorporación podría tener sobre la biodiversidad y el manejo de los recursos hídricos (Sánchez y Orrego, 2007).

Possible impacto ambiental de cultivos energéticos priorizados

Es necesario tomar en cuenta las siguientes consideraciones respecto a los cultivos priorizados para la producción de biocombustibles en el Perú:

- El cultivo de caña de azúcar acarrea muchos problemas, dado que requiere grandes volúmenes de agua y un uso intenso de agroquímicos. Además las malas prácticas agrícolas como la quema del follaje para la cosecha genera emisión de gases de efecto invernadero (GEI), así como dioxinas y furanos (contaminantes orgánicos persistentes) prohibidos por la legislación peruana y diversos convenios internacionales asumidos (Sánchez y Orrego, 2007).
- El cultivo de colza podría llevar a la pérdida de fertilidad del suelo debido a la mayor absorción de nutrientes (en comparación con los pastizales que se reemplazarían en la sierra) y a los efectos de los agroquímicos sobre la microfauna del suelo. La mecanización, asimismo, podría ocasionar problemas de compactación del suelo y consiguiente mal drenaje, lo que favorecería la incidencia de enfermedades fungosas. La calidad del agua también sería impactada por las altas cantidades de fertilizantes y pesticidas que requiere el cultivo. La introducción de un cultivo foráneo puede producir la aparición de nuevas enfermedades, malezas y plagas de difícil control. La colza puede convertirse en una maleza que invade campos de cultivo, zonas disturbadas, caminos, etc., y afectar la biodiversidad local. Pue-

de incluso cruzarse con especies silvestres locales, y si se trata de una variedad transgénica resistente a herbicidas, puede transferir esta característica a las malezas, las cuales adquieren resistencia y se convierten en invasoras, desplazando a la demás flora nativa (Huerta, 2007).

- Las grandes extensiones de cultivos de palma aceitera, disminuyen la biodiversidad, emiten grandes emisiones por la liberación de CO₂ debido al cambio de la cubierta del suelo. Utilizan grandes cantidades de químicos (fungicidas, herbicidas, plaguicidas), dado que al no tratarse de un cultivo autóctono, se ve sometido a muchas plagas y enfermedades. Hay que considerar el manejo de los efluentes utilizados en las plantas extractoras del aceite, dado que de verse en los ríos o suelos sin adecuado tratamiento, causarían una grave contaminación, similar a la del petróleo (Sánchez y Orrego, 2007).

Presión sobre bosques y biodiversidad

El Perú es uno de los países más ricos del mundo en diversidad biológica y ha sido clasificado como uno de los 12 países de mayor diversidad del planeta. Según Conservación Internacional, los Andes tropicales son el área crítica más rica y con mayor biodiversidad del mundo. Asimismo, es reconocido que la deforestación es una de las principales causas de pérdida de biodiversidad (Coello y Castro, 2007).

Uno de los puntos en los que se requiere mayor investigación es el referido al potencial de las especies oleaginosas nativas, las mismas que están más adaptadas a las condiciones específicas de la región y suelen ser menos exigentes en cuanto al uso de insumos externos. En una situación ideal de investigación, promoción y manejo apropiado de especies oleaginosas amazónicas para la producción de biodiesel, podrían implicar un enriquecimiento del bosque, antes que su desaparición. (Castro *et al.*, 2007). No obstante, aunque la biodiversidad pueda consistir una oportunidad para el desarrollo de los biocombustibles, gracias a la gran variedad de cultivos disponi-

bles (y con potencial en el Perú) para su producción, los biocombustibles pueden constituir un riesgo para la biodiversidad. Se requieren vastas áreas de terreno para satisfacer la creciente demanda por biocombustibles, y la controvertida elección está entre reemplazar tierra agrícola para producir biocombustibles, o transformar áreas naturales para instalar cultivos energéticos. El reemplazo de la tierra agrícola reduce el terreno disponible para producción de alimentos, y la conversión de áreas naturales -principalmente bosques- afecta recursos naturales tales como madera, agua, suelo y biodiversidad (PANOS, 2006). Entonces, lo que se pudiera haber reducido en emisiones de CO₂ al reemplazar el diesel por biodiesel, se emite con creces con la destrucción de los bosques.

Este es también un peligro latente en la Amazonía brasilera por la expansión del cultivo de soya y palma aceitera para biodiesel. En países como Colombia, se discute aún la conveniencia, o no, de reemplazar extensas áreas de las sabanas de la Orinoquia por monocultivo de palma aceitera africana. Estos análisis y discusiones son totalmente pertinentes en el Perú,

considerando el millón 400 mil hectáreas que según cifras oficiales tendrían potencial para la instalación de palma aceitera africana en la mega diversa selva Amazónica peruana (Castro *et al.*, 2007).

El Estado ha promovido el desarrollo de la Amazonía, a través de leyes e incentivos orientados a integrar la región a la economía nacional, a través de la ampliación de la frontera agropecuaria, de la explotación de los recursos mineros y de hidrocarburos. Sin embargo, este proceso ha llevado a la colonización de unas 10 millones de hectáreas de tierras, de las que apenas 2 millones están en producción agropecuaria y el resto son tierras degradadas o cubiertas de bosques secundarios o purmas. Esto, pese a que constituye un importante potencial para el desarrollo de diversos cultivos oleaginosos, además del desarrollo forestal, constituye también una advertencia de lo que podría pasar (y en una mayor escala aún) si no se tiene un adecuado control de las tierras que se dan en concesión para plantaciones de biocombustibles en la selva (Coello y Castro, 2007).

País	Demanda al año 2020		Superficie requerida			Superficie requerida como % de la superficie arable
	Bioetanol	Biodiesel	Bioetanol	Biodiesel	Total	
	ktep		(miles de has)			
Argentina	713	1,506	238	1,962	2,200	8%
Bolivia	76	87	22	41	63	2%
Brazil	12,673	5,711	3,667	2,678	6,345	11%
Chile	360	788	142	616	757	38%
Colombia	532	560	154	164	318	14%
Costa Rica	137	114	40	34	73	32%
Ecuador	263	320	76	94	170	10%
El Salvador	101	104	29	30	60	9%
Guatemala	189	271	55	79	134	9%
Honduras	76	83	22	24	46	4%
Mexico	4,760	2,045	1,377	599	1,977	8%
Nicaragua	35	48	10	14	24	1%
Panamá	104	108	30	32	62	11%
Paraguay	24	164	7	77	84	3%
Peru	135	300	39	88	127	3%
Trinidad y Tobago	84	58	24	17	41	55%
Uruguay	36	120	12	156	168	12%
Venezuela, RB	1,739	370	503	109	612	24%
Total	22,035	12,756	6,447	6,814	13,261	9%

Gráfico 6. Disponibilidad y uso de agua en el Perú, según regiones (2003) (en millones de m³)

Fuente: INRENA (citado en Sánchez y Orrego, 2007)

Biocombustibles, agua y agricultura en los Andes

Presión sobre la seguridad alimentaria

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) realizó un análisis exploratorio respecto al posible efecto de la producción de biocombustibles sobre la seguridad alimentaria en la región (Acquatella, 2007; Rodríguez, 2007) con miras a la publicación de una guía para la formulación de políticas públicas en biocombustibles en la región.

Parte del análisis incluyó la estimación de la superficie que se requeriría (como porcentajes de la superficie arable existente) para poder producir mezclas de E10 (10% de etanol en 90% de gasolina) y B10 (10% de biodiésel en 90% de diesel), tal como se muestra en el Gráfico 8.

Tal como se puede apreciar, los únicos países que tendrían problemas para abastecer su mercado interno serían Chile, Costa Rica, Trinidad y Tobago y Venezuela, debido a la alta proporción de superficie arable que necesitarían destinar a la producción e cultivos energéticos. No obstante, el riesgo mayor puede radicar en la demanda externa de biocombustibles que puede llevar a dedicar más tierras para cultivos energéticos, de las que los mercados internos requerirían.

Tal como señalan Honty y Gudynas (2007), las tensiones entre cultivos alimentarios y cultivos de exportación ya existen, y los agrocombustibles profundizarán esos problemas. En cinco países se observa altos niveles de subnutrición mientras son importantes exportadores agroalimentarios. Bolivia, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Paraguay poseen más del 10% de su población subnutrida, y en sus exportaciones más del 25% son agroalimentarias. Esas condiciones hacen altamente desaconsejable consolidar una estrategia de biocombustibles de exportación. En los demás países con altos niveles de subnutrición, pero con menores proporciones de exportaciones agroalimentarias, igualmente las prioridades consisten en resolver las demandas de alimentación (estos serían los casos de Colombia, El Salvador, Haití, Jamaica, Perú, Panamá, República Dominicana y Venezuela).

En conclusión, dedicar la tierra a generar biocombustibles es muy ineficiente con las tecnologías actuales, y sigue siendo más útil (y urgente) aprovecharla para obtener alimentos para los seres humanos. La promoción de los agrocombustibles solo aparece viable como un negocio exportador, y en el contexto de petróleo caro (Honty y Gudynas, 2007).

Referencias

- Acquatella J. 2007. Análisis de políticas públicas en biocombustibles: recomendaciones preliminares. Ponencia presentada en el Foro Biocombustibles como energía alternativa: una mirada hacia la región. Quito: Centro Ecuatoriano de Derecho Ambiental (CEDA), 17-18 de octubre de 2007.
- Calle J., Coello, J., Acosta, F., Velásquez J. 2007. Proyecto Biodiesel UNALM-ITDG. Revista Agronegocios, año 1, N° 1, agosto 2007: 22-24. Lima: Facultad de Economía y Planificación de la Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Castro P., Coello J., Castillo L. 2007. Opciones para la producción y uso del biodiesel en el Perú. Lima: Soluciones Prácticas – ITDG. 176 pp.
- Coello J. 2007. Informe del 2do Taller de Planificación concertada sobre energías renovables y biocombustibles, septiembre 2007. Lima: Soluciones Prácticas – ITDG. 100 pp.
- Coello J., Castro P. 2006. La alternativa el biodiésel: Oportunidades y puntos por resolver para la producción y uso de biodiesel en el Perú. Revista Perú económico, volumen XXIX, N° 11, noviembre 2006. Lima: Apoyo Publicaciones.

- Coello J., Castro P. 2007. Diagnóstico del sector biocombustibles. Informe para el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Lima: Soluciones Prácticas – ITDG. 163 pp.
- FAO. 2003. Review of world water resources by country. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 110 pp.
- Fernández González J. 2002. Barreras para el desarrollo del empleo de los biocombustibles sólidos y líquidos. Ponencia en las Jornadas sobre Aportación de la Biomasa al Desarrollo de las Energías Renovables. Madrid: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). 12-13 diciembre 2002.
- Friedrich S. 2004. A world wide review of the commercial production of biodiesel – A technological, economic and ecological investigation based on case studies. Schriftenreihe Umweltschutz und Ressourcenökonomie. Band 41. Viena: Institut für Technologie und nachhaltiges Produktmanagement der Wirtschaftsuniversität. 150 pp.
- Hoeneisen, B. 1997. ¿Y dónde está el carbono?. Quito: Universidad San Francisco de Quito.
http://www.usfq.edu.ec/1PROFESORES/Hoeneisen/Ecuador_2050/CARBON_V2.HTM
- Honty G., Gudynas E. 2007. Agrocombustibles y desarrollo sostenible en América Latina y El Caribe. Situación, desafíos y opciones de acción. Montevideo: Centro Latino Americano de Ecología Social (CLAES) y Desarrollo, Economía, Ecología y Equidad América Latina (D3E). 34 pp.
- Huerta B. 2007. Informe técnico: Viabilidad ambiental del proyecto de canola para biodiesel del Programa Sierra Exportadora. Lima: Programa Sierra Exportadora. 46 pp.
- IEA. 2001. CO₂-Emissions from Fuel Combustion, 1971–1999. Paris: International Energy Agency (IEA).
- IEA. 2006. Key World Energy Statistics. Paris: International Energy Agency (IEA). 79 pp.
- INRENA. 2005. Conflictos sociales, acceso al agua y previsiones estratégicas. Recursos hídricos y papel institucional del INRENA. Lima: Instituto Nacional de Recursos Hídricos (INRENA).
- INSTITUTE FOR PLASMA PHYSICS RIJNHUIZEN. 2005. Energy, powering your world. Nieuwegein (Holanda): Institute for Plasma Physics Rijnhuizen. 60 pp.
- IPCC. 1996. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. National Greenhouse Gas Inventories Programme. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).
- IWMI. 2007. Water for food. Water for life. A comprehensive assessment of water management in agriculture. London: International Water Management Institute (IWMI). 624 pp.
- Janulis P. 2004. Reduction of energy consumption in biodiesel fuel life cycle. *Renewable Energy* 29 (2004) 861–871.
- PANOS. 2006. Fuelling controversy – can biofuels slow the speed of climate change? PANOS Media Toolkit on Climate Change N° 1. London: PANOS. 6 pp.
- PNUD. 2006. Informe sobre Desarrollo Humano 2006. Más allá de la escasez: Poder, pobreza y la crisis mundial del agua. New York: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). 422 pp.
- Rodríguez A. 2007. Biocombustibles y seguridad alimentaria: análisis exploratorio. Ponencia presentada en el Foro Biocombustibles como energía alternativa: una mirada hacia la región. Quito: Centro Ecuatoriano de Derecho Ambiental (CEDA), 17-18 de octubre de 2007.
- Ryan L., Convery F., Ferreira S. 2006. Stimulating the use of biofuels in the European Union: Implications for climate change policy. *Energy Policy* 34: 3184–3194.
- Sánchez F., Orrego R. 2007. Promoción del mercado de biocombustibles en el Perú. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). 106 pp.
- Trujillo J. 2007. Desarrollo de cultivos alternativos para la producción de biocombustibles. Ponencia en el Seminario Internacional Desarrollo de Cultivos Alternativos para la Producción de Biocombustibles. Lima: DEVIDA, Embajada de Brasil en el Perú y Petroperú, 10 y 11 de mayo de 2007.
- Zah R., Böni H., Gauch M., Hischier R., Lehmann M., Wäger P. 2007. Life cycle assessment of energy products: environmental assessment of biofuels. Bern: Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology (EMPA).

esta revista se edita con el auspicio de:



Próximamente...

Revista Virtual REDESMA
octubre 2008
Vol. 2(3)

TEMA: Cambios climáticos

Se recibirá como colaboración artículos científicos, resultado de investigaciones específicas relacionadas con el tema, los que serán sometidos a la revisión y dictamen del Consejo Editorial. Se seleccionarán artículos de estudiantes universitarios, técnicos y profesionales, así como también de experiencias institucionales que se hayan desarrollado dentro de esta temática.

Se publicará:

- Reseñas de libros, revistas y otros documentos, además de programas de conservación e investigación.
- Tesis de maestría y doctorado relacionadas al tema.
- Semblanzas de instituciones académicas, instituciones de investigación, profesionales, comunitarias, etc.

Se destacará:

- Artículos publicados en revistas, libros y otros (citando adecuadamente su origen, autorías, derechos, etc.)
- Experiencias de colaboración entre diferentes actores.

Fechas límite para entrega de colaboraciones:

Artículos, 30 de septiembre de 2008
Reseñas, 30 de septiembre de 2008

Envíos a: revistaredesma@cebem.org