

# 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 (CO<sub>2</sub>), 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 CO<sub>2</sub> es tomada de la atmósfera mediante la fotosíntesis. La emisión neta de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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):  $\pm 8$ .
- Biodiésel:
  - Colza (Unión Europea): 2 a 3.
  - Soya (Estados Unidos):  $\pm 3$ .
  - Aceites usados: 5 a 6.
  - Palma africana:  $\pm 9$ .

### *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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> (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 N<sub>2</sub>O a la atmósfera. Según la IEA (2001), este gas retiene 310 veces más calor que el CO<sub>2</sub>, 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 CO<sub>2</sub> 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-

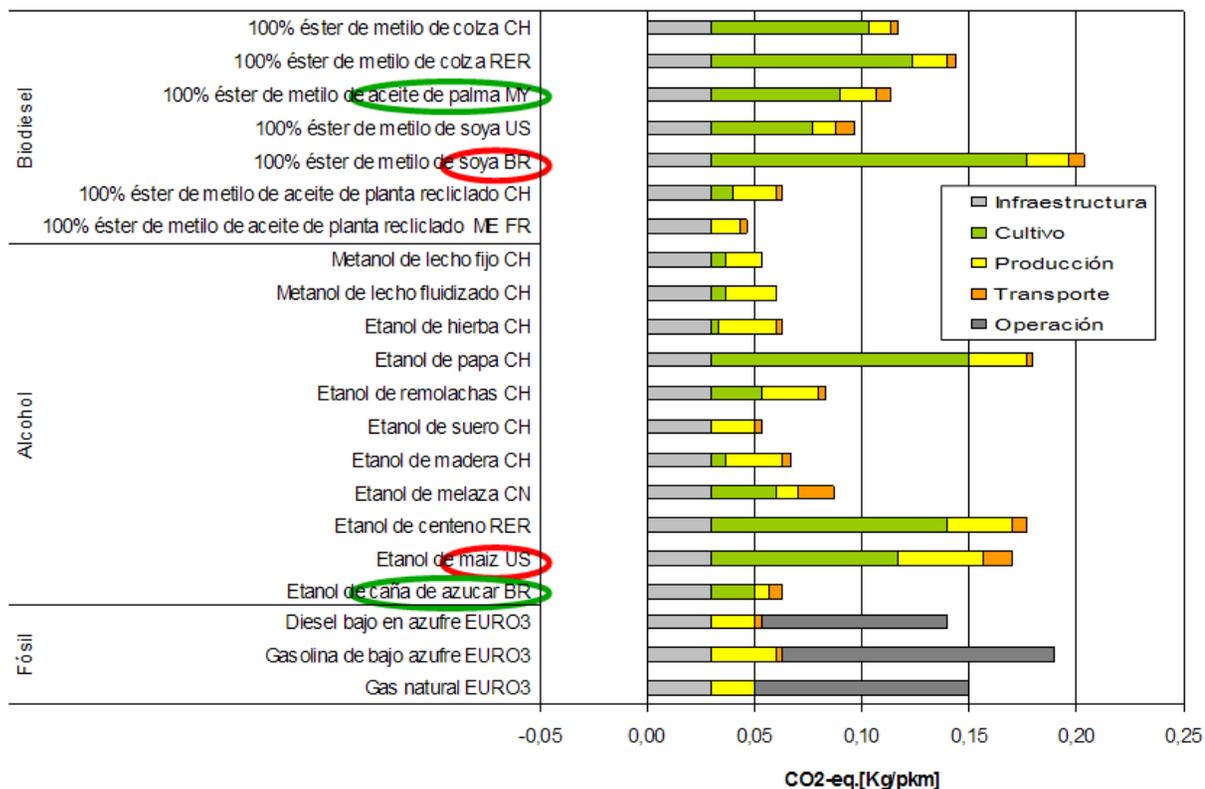


Gráfico 1. Emisiones de gases de efecto invernadero de biocombustibles y combustibles fósiles

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).

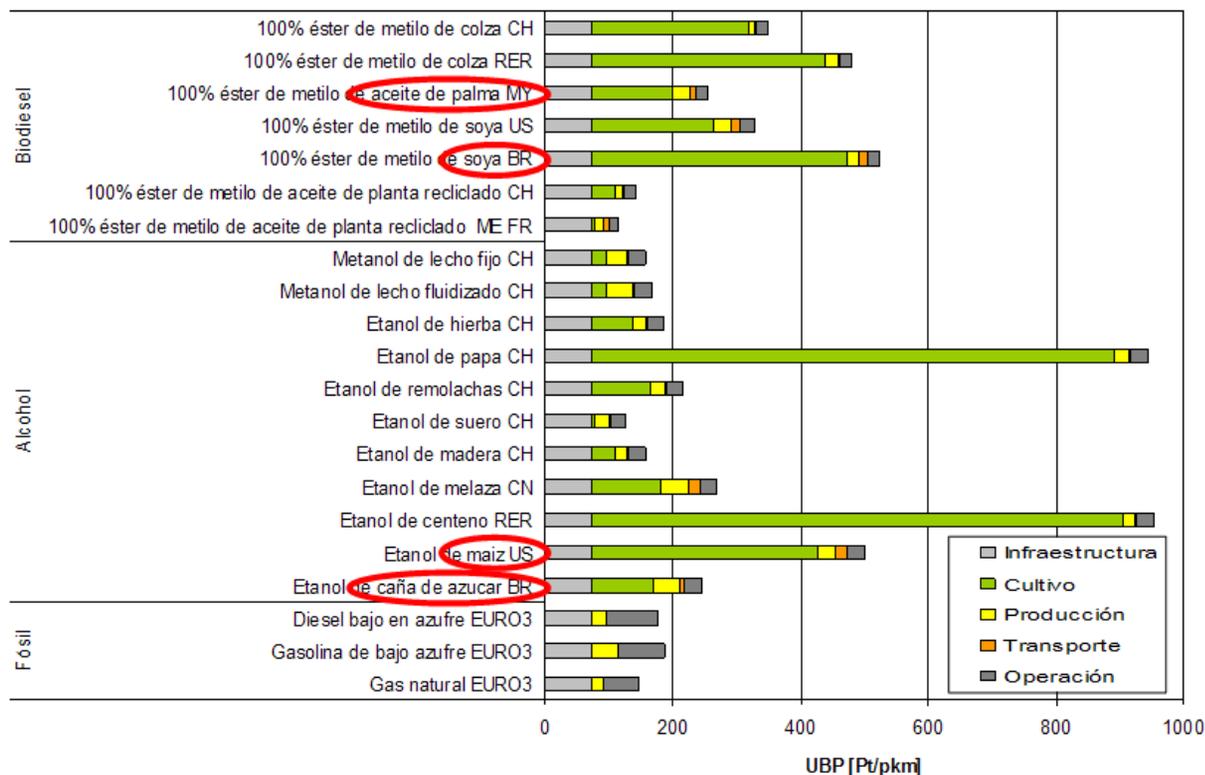


Gráfico 2. Impactos ambientales totales de biocombustibles y combustibles fósiles  
Fuente: Zah *et al.* (2007)

## Agua en los Andes

La subregión andina conformada por Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela, con un área de 4718320 km<sup>2</sup>, 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)*

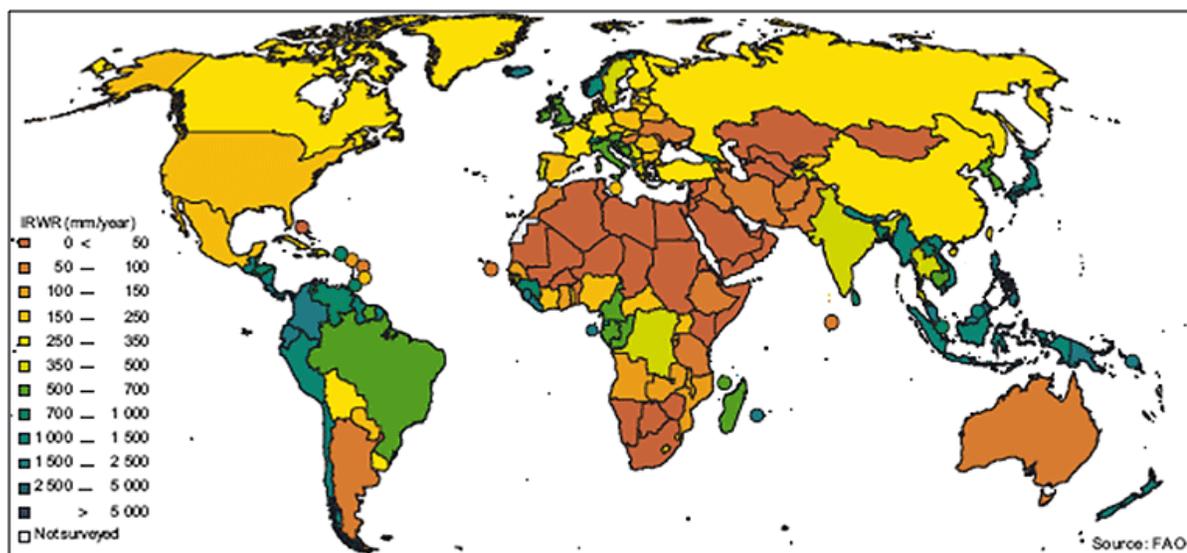


Gráfico 3. Mapa de recursos hídricos renovables internos por país

Fuente: FAO (2003)

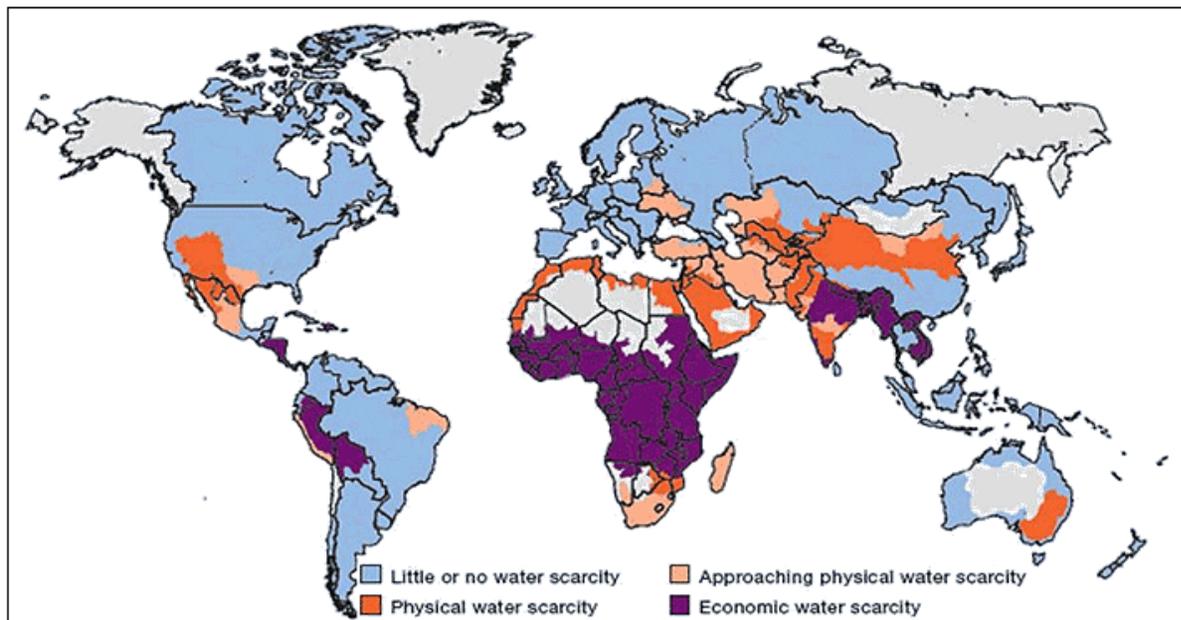


Gráfico 4. Mapa de áreas con escasez física o económica de agua

Fuente: IWMI (2007)

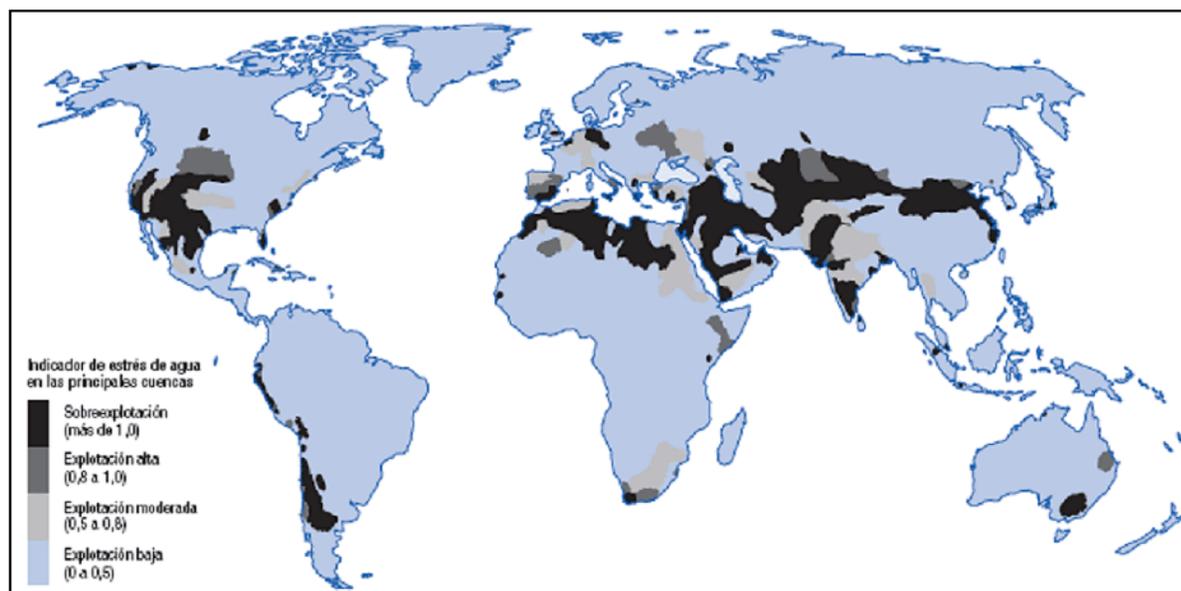


Gráfico 5. Mapa de uso excesivo de agua y estrés ecológico

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 m<sup>3</sup>/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 m<sup>3</sup>/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-

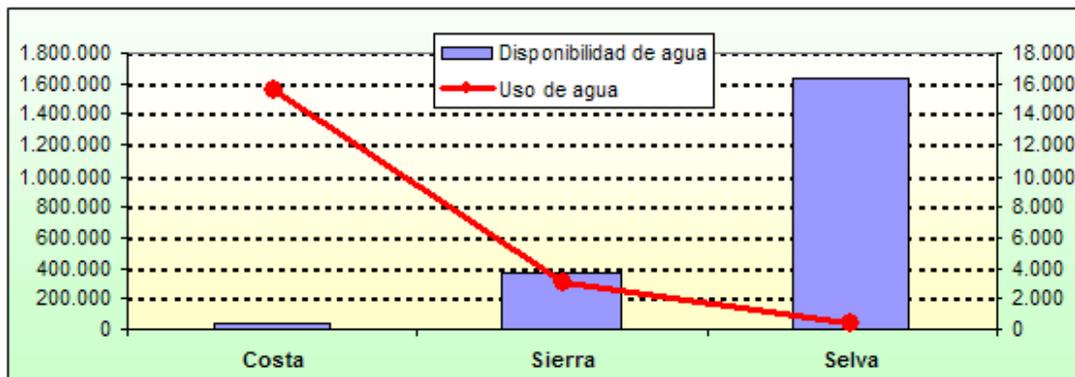


Gráfico 6. Disponibilidad y uso de agua en el Perú, según regiones (2003) (en millones de m<sup>3</sup>)  
Fuente: INRENA (citado en Sánchez y Orrego, 2007)



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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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	36%
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 m<sup>3</sup>)

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](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. CO<sub>2</sub>-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).