

El paradigma energético de los biocombustibles y sus implicaciones: panorama mundial y el caso Colombiano

Biofuels' energetic paradigm and its implications: a global overview and the Colombian case

Recibido para evaluación: 26 de Septiembre de 2012
Aceptación: 15 de Noviembre de 2012
Recibido versión final: 20 de Noviembre de 2012

Carmenza Castiblanco Rozo¹
Sonia Hortúa Romero²

Resumen

Ante la necesidad mundial de encontrar fuentes de energía alternativas, los biocombustibles se han constituido en la última década en una posible respuesta. Su creciente demanda se ha visto reflejada en la expansión de los cultivos utilizados como materias primas, lo cual tiene implicaciones en varios frentes: los cambios de uso de la tierra, servicios ecosistémicos relacionados con el recurso hídrico, las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI), la seguridad alimentaria y la propiedad de la tierra. El presente artículo tiene como objetivo presentar un análisis crítico de estos temas a partir de la revisión de la literatura internacional y abordar el caso colombiano, en particular la expansión de los cultivos de palma africana y sus implicaciones sociales. Los principales resultados dejan ver que la expansión de los cultivos se direccionará hacia los países del trópico, lo cual genera impactos negativos al intensificar la competencia por el agua y la tierra en regiones caracterizadas por su alta vulnerabilidad ecosistémica y social. Adicionalmente se observa la necesidad de mejorar los sistemas de información y de refinar metodologías y modelos que permitan evaluar con mayor precisión los impactos de la producción de biocombustibles sobre el bienestar humano.

Palabras clave: biocombustibles, cambios de uso de la tierra, servicios ecosistémicos, palma africana, seguridad alimentaria, conflicto agrario, derechos laborales

Abstract

In the last decade biofuels have become a feasible answer given the global need for alternative energy sources. Its increasing demand has been reflected in the expansion of raw materials' crops, with implications in several topics: land use change, ecosystem services relating hydric resources, Greenhouse Gas Emissions (GHG), food security and land property. The objective of this article is a critical analysis of these issues based on a revision of international literature, but also approaching the Colombian case, particularly african oil palm expansion and its social implications. The main results point out that crop expansion will occur in tropical countries. This generates negative impacts that contribute to conflicts around water and land accessibility in regions characterized by their high social and ecosystem vulnerability. Additionally, it is necessary to improve information systems and to refine methodologies and models that allow an adequate evaluation of biofuel production impacts on human wellbeing.

Keywords: biofuels, land use change, ecosystem services, african oil palm, food security, agrarian conflict, labor rights

1. Candidata a Doctor en Estudios Ambientales y Rurales, Instituto de Estudios Ambientales y Rurales de la Pontificia Universidad Javeriana (Bogotá).

Docente Asociada al Instituto de Estudios Ambientales (IDEA) de la Universidad Nacional de Colombia (Bogotá)
ccastiblanco@unal.edu.co.

2. Candidata a Magister en Medio Ambiente y Desarrollo, Instituto de Estudios Ambientales (IDEA) de la Universidad Nacional de Colombia (Bogotá)

1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas el tema de la energía se ha convertido en una cuestión fundamental a nivel mundial. El carácter limitado de las fuentes fósiles y los inminentes efectos del cambio climático se han visto reflejados tanto en las tensiones geopolíticas por el control de territorios que albergan petróleo, como en la busca de fuentes alternativas de energía que sean sostenibles. Los biocombustibles se han constituido en una posible respuesta, especialmente en la sustitución de los combustibles fósiles necesarios en el sector del transporte (FAO, 2008; Mandil & Shihab-eldin, 2010; OECD-FAO, 2011).

Algunos de los beneficios que se espera obtener al usar biocombustibles como fuente renovable de energía son la reducción de gases efecto invernadero (GEI), la disminución de la pobreza rural por medio de inversión en su desarrollo y un aumento de las exportaciones (Ahmed *et al.*, 2011; OECD-FAO, 2011). Por esta razón las políticas a nivel mundial se han enfocado en la producción de biocombustibles en países del centro y de periferia, en donde hay tierras con alto potencial de cultivo y procesamiento de materias primas para producir biocombustibles líquidos. El interés generalizado por estas fuentes alternativas se ha visto reflejado en un aumento de la producción de biocombustibles, especialmente en la última década. El Food and Agricultural Policy Research Institute (FAPRI, 2011) reporta que mientras en el año 2000 se produjeron 18.000 millones de litros de etanol y biodiesel, en el 2011 esta cifra llegó a los 129.000 millones de litros. A pesar del creciente interés por los biocombustibles, su contribución a la matriz energética mundial no es considerable: según Ahmed *et al.* (2011) las energías renovables representaron 16% del total de la oferta energética mundial, siendo el 10% aportado por la biomasa tradicional y sólo el 0,6% por los biocombustibles.

Como todas las fuentes energéticas, los biocombustibles presentan riesgos y oportunidades, los cuales dependen del tipo de materia prima utilizado, de la ubicación geográfica de la producción, del proceso de transformación y del contexto económico y político en el que se desarrollen (Dufey & Stange, 2011). Por esta razón el presente artículo tiene como objetivo abordar de manera crítica esas implicaciones que la expansión de los biocombustibles ha generado y que podría generar a futuro. En la primera parte se hace una revisión del comportamiento de los biocombustibles en el mercado, su evolución y perspectivas, para contar con el contexto general en el que el crecimiento del sector es un hecho. En la segunda parte se analizan las implicaciones de la producción a gran escala de las materias primas utilizadas en cuatro ejes principales: i) los cambios de uso (directos e indirectos) de la tierra y sus implicaciones en términos del incremento de las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) entendidas como uno de los efectos indirectos de dicha práctica. ii) los efectos en los servicios ecosistémicos derivados del agua iii) los efectos en la producción y los precios de alimentos y iv) los efectos en el acceso y precios de la tierra. En una tercera parte se aborda el panorama colombiano particularmente con respecto a la expansión de la palma africana en temas como la seguridad alimentaria, el acceso a la tierra y los derechos laborales. Finalmente, se presenta una síntesis de las principales conclusiones.

2. EVOLUCIÓN DE LOS BIOCOMBUSTIBLES EN EL MERCADO DESDE 2000 A 2010

Entre 2000 y 2010, la producción de biocombustibles creció a una tasa promedio anual de 12% para el etanol y 27% para el biodiesel, dinámica que se vio afectada por la crisis financiera mundial de 2008 y 2009. Después del colapso de los mercados de capitales y de la actividad productiva se incrementaron las restricciones de acceso al crédito, el precio del petróleo bajó y disminuyó la demanda en biocombustibles. Estos fueron algunos de los factores que se combinaron para que se diera un decaimiento en la producción (Dufey & Stange, 2011).

En 2010 la producción mundial de biocombustibles creció en 13,8% con respecto al año anterior. Se produjeron aproximadamente 86.870 millones de litros de etanol y 19.800 millones de litros de biodiesel, presentando uno de los mayores incrementos de la oferta de combustibles líquidos en la década (ver figura 1). En el 2010, los biocombustibles líquidos aportaron globalmente alrededor de 2.7 % de la energía utilizada en el sector transporte (BP, 2011). La caña de azúcar y el maíz fueron los cultivos energéticos más utilizados para la producción de etanol, mientras que las oleaginosas como la colza, soya y el aceite de palma constituyen las materias primas más importantes para la producción de biodiesel (Dufey & Stange, 2011). Se estima que actualmente los cultivos utilizados como materias primas ocupan en promedio 14 millones de has, correspondientes al 1,6% de la tierra agrícola

global (OFID-IIASA, 2009). El potencial para la expansión de las tierras cultivables se encuentra principalmente en América del Sur y África Subsahariana. Se estima que el crecimiento mundial en tierras de cultivo utilizado para la producción de alimentos y piensos será de 98 millones de hectáreas en 2020 y 147 millones de hectáreas para el año 2030, en comparación con 2000. La expansión de la producción de biocombustibles se traducirá en el uso adicional de las tierras cultivadas, que podrían llegar a 35 millones de hectáreas en 2020, de los cuales 13 millones de hectáreas se localizarán en países desarrollados y 22 millones de hectáreas en países en desarrollo (OFID-IIASA, 2009).

En la actualidad el mercado internacional de los biocombustibles es bastante limitado ya que la mayor parte de la producción de los países se consume internamente. En general, los gobiernos protegen la producción local y su comercio es fuertemente afectado por barreras y preferencias comerciales, especialmente en aquellos países donde los biocombustibles se promueven como una forma de apoyar a los productores rurales (Dufey & Stange, 2011). Algunos países de la Unión Europea y EE.UU. poseen acuerdos comerciales que otorgan acceso preferencial a ciertos países. De otra parte, la existencia de fuertes subsidios a la producción también surge como una barrera comercial importante; por ejemplo, se estima que en EE.UU. la ayuda a la industria del etanol comprende entre US\$5.500 millones y US\$7.300 millones anuales (Koplow, 2006), mientras que la Unión Europea otorga un subsidio de 0,52 euros por litro (Steenblik, 2007).

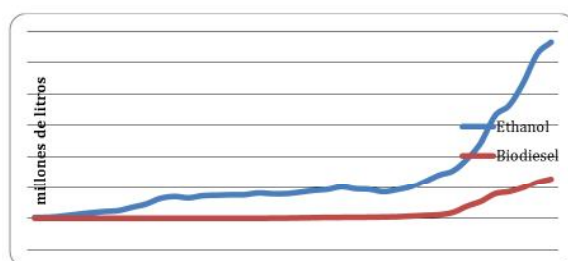


Figura 1. Evolución de la producción mundial de etanol y biodiésel

Fuente: OECD-FAO, Agricultural Outlook. Earth Policy Institute, series climate, Energy and transportation, 2011

Adicionalmente, frente a los potenciales impactos ambientales de la expansión de los biocombustibles a gran escala, en los últimos años, los países importadores especialmente de la UE, han implementado numerosos esquemas de certificación tendientes a garantizar la sustentabilidad de los biocombustibles. Estas iniciativas lideradas por los Países Bajos y el Reino Unido y organizaciones no Gubernamentales, abarcan diversos aspectos tales como la mitigación de las emisiones de GEI, impactos ambientales locales sobre el suelo y el agua, aspectos sociales y los impactos sobre los alimentos (Scarlat & Dallemand, 2011). Se observa que las exigencias de sustentabilidad son cada vez más importantes en este sector y se van convirtiendo en un requisito para acceder a los principales mercados (Dufey & Stange, 2011).

2.1. Avances tecnológicos en la producción de biocombustibles de segunda generación

Después de 10 años de producción de biocombustibles convencionales, existe consenso en que las nuevas tecnologías de producción deben ser más eficientes en términos de reducciones significativas de emisiones de GEI, en el uso del agua y de la tierra, al mismo tiempo que deben ser socialmente sostenibles (IEA, 2010).

Actualmente, uno de los temas preocupantes alrededor de los biocombustibles de primera generación son los cambios indirectos generados en los usos del suelo (Indirect Land Use Changes o ILUC), por sus posibles afectaciones sobre ecosistemas naturales. A partir de esta preocupación la Comisión Europea (CE) incorporó los cambios indirectos de uso del suelo en la Directiva de Energía Renovable 2009, que reconoce sólo los biocombustibles cuya huella de carbono es como mínimo un 35% menor que la gasolina, un umbral que se eleva al 60% en 2018 (IEA, 2010). A futuro gran parte de la producción de biocombustibles deberá soportarse en materiales no comestibles (semillas, residuos de hojas, de tallos, residuos de aceites, algas) o cultivos silvestres que crecen en tierras marginales. Estos son los llamados biocombustibles de segunda generación (Fairley, 2011).

Los países desarrollados (OCDE) y algunas economías emergentes como Brasil, China y la India adelantan importantes investigaciones e inversiones en biocombustibles avanzados. Adicionalmente, han venido implementando un conjunto de normas y prácticas que los productores de biocombustibles deben cumplir, ya sea voluntariamente o por mandato. Por ejemplo, el Congreso de los EE.UU. creó el

mandato para impulsar la producción de etanol celulósico, inicialmente a 950 millones de litros en 2011. Sin embargo, la EPA – al reconocer la escasez de oferta disponible - autorizó la mezcla obligatoria de sólo 30 millones de litros de etanol de celulosa para el presente año (Fairley, 2011).

El problema actual de los biocombustibles de segunda generación es su alto costo de producción comparado con los de primera generación y con los combustibles derivados del petróleo. Los costos de producción y venta del etanol procedente de la celulosa son de US\$1.10 por litro equivalente de petróleo (cerca de US\$4 por galón), mientras que los costos de producción del litro equivalente de etanol de maíz son de 75 centavos de dólar; del etanol de caña 62 centavos de dólar; y de la gasolina convencional 54 centavos de dólar (Fairley, 2011). De otra parte, los niveles de inversión de capital requeridos para instalar una planta son muy superiores ya que se requiere una mayor escala de operación. Estimaciones de la IEA (2006) muestran que en los EE.UU se necesita una inversión de US\$375 millones para una planta etanol celulósico con capacidad de 50 millones de galones anuales (al precio del dólar del 2005). Actualmente EE.UU realiza importantes esfuerzos en investigación y desarrollo de tecnologías para poder producir etanol celulósico a mitad de costo en el año 2012 (Timilsina & Shrestha, 2011).

En general, los retos que deben afrontar los países en desarrollo para avanzar en el desarrollo de tecnologías de segunda generación están relacionados con: mejorar la infraestructura vial y de producción agrícola, calificar la mano de obra, ampliar las posibilidades de financiamiento, implementar e integrar las evaluaciones de sustentabilidad de los biocombustibles de segunda generación a las evaluaciones de asignación y uso de la tierra y a las estrategias de desarrollo rural y crear las capacidades y condiciones para la cooperación y transferencia tecnológica entre los países industrializados y los países en desarrollo.

3. IMPLICACIONES DE LA PRODUCCIÓN Y USO DE LOS BIOCOMBUSTIBLES A GRAN ESCALA

La creciente demanda de biocombustibles se ve reflejada en una expansión de los cultivos necesarios para producirlos, lo cual desencadena efectos en varios frentes que se analizarán a profundidad en esta sección. La figura 2 presenta de manera esquemática cómo dichos temas están interrelacionados.

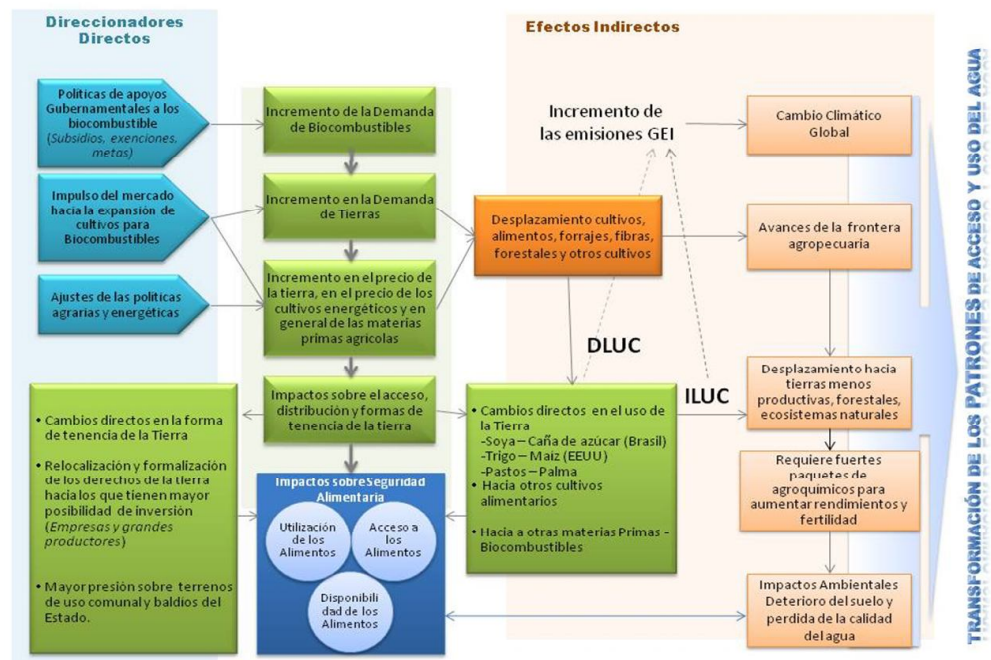


Figura 2. Vínculos entre la producción de biocombustibles, los cambios directos e indirectos de uso de la tierra y los servicios ecosistémicos.

Fuente: Adaptado a partir de Ericksen, 2008; IIED-FAO, 2011.

3.1. Los cambios directos (Direct Land Use Changes, DLUC) e indirectos (Indirect Land Use Changes, ILUC) de uso de la tierra generadas por la expansión de los biocombustibles.

Los cambios directos de uso de la tierra (DLUC) se producen cuando una nueva actividad se desarrolla en un área específica de tierra, y este cambio de uso se puede observar y medir. Los cambios indirectos del uso de la tierra (ILUC) se producen como una consecuencia no deseada de las decisiones de uso de la tierra en otros lugares. A diferencia de los anteriores, un cambio indirecto del uso de la tierra no puede ser directamente observado ni medido, ni tampoco puede ser aislado de otros factores que también pueden incidir en los cambios de uso, como por ejemplo la disminución de la rentabilidad o los cambios en las políticas de apoyo (Ernst & Young, 2011). La razón por la cual los ILUC constituyen una preocupación relevante radica en el riesgo de que los cultivos usados para producir biocombustibles puedan desplazar otras actividades de producción agrícola o pecuaria hacia tierras con coberturas que constituyen reservas de carbono y que finalmente se generen significativas emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) procedentes de la conversión de tierras, lo que podría anular cualquier reducción lograda con la implementación de los biocombustibles (Croezen, 2010). De otra parte, existe la posibilidad de que el nuevo uso de los cultivos e insumos agrícolas para producir biocombustibles signifique que otras necesidades o usos no puedan ser satisfechas sin consecuencias indeseables, tales como daños al medio ambiente generados por la expansión agrícola y riesgos para la seguridad alimentaria (Croezen, 2010).

Existen varias evidencias de los DLUC e ILUC generados por los biocombustibles en los diferentes países donde su producción se viene promocionando con fuerza. A continuación se documentan algunos casos de países productores en Latinoamérica y el Sudeste asiático, y se elabora una reflexión en cuanto a los GEI como un ILUC que resulta de la expansión de los cultivos energéticos.

• Cambios de uso generados por la expansión de la caña de azúcar en Brasil

El 90% de la caña de azúcar en Brasil se cultiva en el sureste, en los Estados de Sao Paulo, Goiás, Mato Grosso y Paraná. En estas regiones la expansión de los cultivos de azúcar ha ocurrido sobre cultivos de soja, pastos y sobre áreas que antes eran forestales o reforestadas (Schlesinger, 2010). A su vez la ganadería se ha extendido hacia el norte y centro- oeste, donde se encuentra la selva amazónica y el Cerrado. La actual expansión de la ganadería se considera el principal factor de deforestación de la selva amazónica. En el período 1997-2007, el número de cabezas de ganado en el Amazonas aumentó en 78% y actualmente esta región alberga el 35% del total nacional de cabezas de ganado. No hay cálculos precisos de las emisiones generadas por los cambios indirectos del uso de la tierra, pero se estima que podrían estar muy por encima del ahorro de carbono generado por la utilización de biocombustibles (Schlesinger, 2010). La expansión de la caña de azúcar y su contribución indirecta a la deforestación en los Estados del sudeste de la Amazonia Brasileira, ha sido ampliamente documentado por Goldemberg y Guardabassi (2009) y Gao et al. (2010).

• Cambios de uso generados por la expansión de la soja en Argentina

Argentina es uno de los principales productores de soja en el mundo. Pasó de producir 20 millones de toneladas en el año 2000 a 47 millones de toneladas en el año 2007. La expansión sojera ha implicado la deforestación de aproximadamente 2,5 millones de hectáreas de bosques nativos ubicados en el noreste de Argentina (Paruelo & Guerschman, 2005). Se prevé que para suplir las demandas nacionales alimenticias de aceite de soja y otros derivados se tendrá que importar aceite de palma, lo que fomentaría el aumento de la producción en los principales países productores como Indonesia, Malasia y Colombia, generando cambios indirectos de uso del suelo en estos países (Sheil et al., 2009).

• Cambios de uso generados por la expansión del cultivo de la palma de aceite en los principales países productores

Griffiths (2010) describe el caso de la compañía Sime Darby de Malasia, la cual vende tanto aceite de palma certificado por la RSPO (Roundtable on Sustainable Oil Palm o Mesa Redonda del Aceite de Palma Sostenible), como aceite de palma no certificado. Cinco de las 65 unidades de producción que tiene Sime Darby tienen certificaciones de la RSPO. Dichas plantaciones certificadas son las que suministran el aceite de palma para producción de biocombustibles. Las otras 60 plantaciones y las nuevas que han establecido para producir el aceite de palma y otros subproductos

derivados que son demandados por otras industrias (alimentos y cosméticos) se producen en las plantaciones no certificadas y en las plantaciones nuevas. Este es el caso de 220.000 hectáreas de palma que recientemente se implementaron en Liberia (África) y otras tantas plantaciones nuevas ubicadas en Kalimantan Occidental (Indonesia), todas sobre ecosistemas de selva tropical (Griffiths, 2010).

Esta es otra de las formas en las que el mercado de biocombustibles y las nuevas exigencias de certificación impulsan los ILUC. El caso de Indonesia es realmente alarmante, porque a pesar de albergar la más amplia cobertura de bosque tropical en Asia, sufre la deforestación más rápida del mundo: 5,39 millones de hectáreas de bosques se perdieron entre 2000 y 2008 (el 9,2% de la cubierta forestal original de Indonesia en 2000), de las cuales más de 2 millones (incluidos los bosques protegidos y las áreas de conservación) se han convertido ilegalmente en plantaciones de aceite de palma (Koh & Ghazoul, 2010). Casos similares ocurridos en Malasia y Tailandia han sido documentados por Wilcove y Koh (2010), y Dillon y Laan (2008).

Es importante aclarar que si bien es cierto que la RSPO “*promueve el crecimiento sostenible y el uso de productos de aceite de palma a través de estándares creíbles globales y el compromiso de los inversores*”, ella no aborda la cuestión de los cambios de uso del suelo (Scarlat & Dallemand, 2011). El problema es que algunas empresas con certificaciones RSPO también están expandiendo sus operaciones hacia nuevos terrenos, incluyendo los bosques. Estas empresas cumplen con criterios de la UE para los biocombustibles sostenibles y seguirán expandiéndose en otros lugares para satisfacer la demanda adicional de aceite de palma para otros usos, por lo tanto, causarán emisiones indirectas de GEI. Se concluye que el uso de aceite de palma certificado RSPO no impedirá la deforestación, debido a que la RSPO no la prohíbe y no aborda la cuestión del cambio de uso del suelo (Griffiths, 2010).

Con excepción de Brasil, en Suramérica se han realizado pocos análisis espaciales dirigidos a evaluar las transiciones del uso de los suelos generadas por la expansión de los biocombustibles. En Colombia, un estudio reciente analiza la expansión de los cultivos de aceite de palma durante el periodo 2002-2008. Se observa que en las tres principales zonas productoras de palma de aceite en el país, la gran transición de uso se ha dado de pastos hacia palma (>50% del cambio de uso), en menor proporción el cambio de uso se ha dado de agricultura mixta, vegetación secundaria y bosques hacia palma (Castiblanco, Etter, & Aide, 2012).

En Perú se realizó una evaluación del área deforestada en la Amazonía por la expansión del cultivo de palma, utilizando datos de satélite e información de campo. Se encontró que el 72% de las nuevas plantaciones se expandieron sobre áreas boscosas. Adicionalmente se evaluó la deforestación generada por los pequeños y grandes productores de aceite de palma en la región de Ucayalí. Los resultados revelaron que los pequeños productores representaban la mayor expansión (80%) pero sólo el 30% de este crecimiento se llevó a cabo sobre coberturas de bosque. Por otra parte, los productores de alto rendimiento requirieron el 64% menos de tierra para lograr la misma producción que los de bajo rendimiento, pero 58% de las tierras ocupadas fueron bosques. Es decir que la producción de palma africana de alto rendimiento convirtió una mayor proporción de área forestal (Gutiérrez-Vélez et al., 2011).

• Las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) como impacto de los ILUC

Un argumento fuerte para la promoción de la producción y uso de los biocombustibles es su aporte a la reducción de emisiones de GEI. Fargione et al. (2008) y Searchinger et al. (2008) iniciaron el debate sobre los impactos de los cambios indirectos de uso de la tierra generados por la producción de biocombustibles de primera generación. Fargione et al. (2008) analizaron el efecto que tendría el drenaje y limpieza de las turberas de Indonesia para replantarlas con aceite de palma. Encontraron que el carbono liberado por la descomposición de la turba es 420 veces mayor que el ahorrado por el uso de un año de biodiesel de palma. Esto significa que se necesitarían 420 años de uso de biocarburantes para pagar “la deuda de carbono” que se libera del drenaje y limpieza de las turberas

Searchinger et al. (2008) estimaron las emisiones generadas por el cambio de uso del suelo a nivel global, encontrando que el etanol a base de maíz duplica las emisiones de efecto invernadero más de 30 años y aumenta los GEI de 167 años. Por su parte, Achten & Verchot (2011) evaluaron las consecuencias de las emisiones de GEI generadas por cambios de uso del suelo para 12 estudios de caso en 6 países donde se analizaron los ciclos de vida de diferentes sistemas de producción de

biocombustibles a partir de palma de aceite, *jatropha* y soja. Sus resultados muestran que las deudas de carbono estimadas oscilan entre 39 y 1743,7 Mg CO₂/ha. La palma de aceite reporta la deuda más grande de carbono (472-1743 tCO₂/ha) debido a que gran parte de la expansión en los países estudiados se produjo a expensas de densas selvas tropicales y turberas.

Por otra parte, Overmars *et al.* (2011) estimaron las emisiones de GEI generadas por los ILUC derivados de la producción de biocombustibles en la Unión Europea. El cálculo se basa en datos históricos sobre expansión de la tierra y aumentos de los rendimientos para producir biocombustibles. Estos autores encuentran que por cada hectárea de tierra dedicada a la producción de biocombustibles, 0,32 hectáreas se convierten en tierras de cultivo en otra región del mundo. Los resultados dejan ver que las emisiones generadas por los ILUC son sustancialmente mayores si se comparan con el combustible fósil tradicional. En el caso del etanol podrían estar entre 26-154 g CO₂eq/MJ y para el biodiesel entre 30-204 g CO₂ eq/MJ. Adicionalmente, estiman el tiempo real que se requeriría para que a través de los biocombustibles se comenzaran a reducir estas emisiones de carbono: en promedio son 35 años para el etanol y 50 años para el biodiesel.

Existen importantes cuestionamientos a estos estudios que señalan la ausencia de un análisis de la contribución de los fuegos en los ecosistemas de sabana y bosques tropicales al calentamiento global (Kline & Dale, 2008). También señalan la falta de datos históricos que permitan discernir las trayectorias de uso que preceden al desarrollo de la agroindustria y la ausencia de evaluaciones regionales de las coberturas de la tierra en altas resoluciones espaciales y temporales que permitan identificar los cambios dinámicos (Carlson *et al.*, 2012; Ellis & Ramankutty, 2008) "itemData" : { "DOI" : "10.1073/pnas.1200452109", "abstract" : "Industrial agricultural plantations are a rapidly increasing yet largely unmeasured source of tropical land cover change. Here, we evaluate impacts of oil palm plantation development on land cover, carbon flux, and agrarian community lands in West Kalimantan, Indonesian Borneo. With a spatially explicit land change/carbon bookkeeping model, parameterized using high-resolution satellite time series and informed by socioeconomic surveys, we assess previous and project future plantation expansion under five scenarios. Although fire was the primary proximate cause of 1989-2008 deforestation (93%). En un escrito reciente, Ernst y Young (2011) después de examinar 150 contribuciones sobre el tema y 22 modelos diferentes, identificaron una serie de incertidumbres y problemas en la modelación y cuantificación de los ILUC de las emisiones de GEI derivadas de la producción de biocombustibles en la Unión Europea. Por ejemplo, no existen criterios unificados para modelar los impactos del cambio de uso del suelo, los modelos tienen lagunas o suposiciones que crean incertidumbre sobre la naturaleza y la magnitud de los impactos calculados.

En estas circunstancias los formuladores de política tratan de regular los ILUC sin pruebas científicas concluyentes con respecto a la escala y severidad de los mismos. Di Lucia, Ahlgren y Ericsson (2012) analizan esta situación y recomiendan asumir un enfoque preventivo en el diseño de políticas. Si bien es cierto que este enfoque no asegura que los impactos negativos de los ILUC no aparecerán, sí permite reducir la probabilidad de eventos adversos, ya que supone la capacidad de identificar el nivel correcto de los requisitos de sostenibilidad y de los umbrales críticos de emisiones de GEI.

Por último, se debe recalcar que los ILUC no son un fenómeno exclusivo generado por los biocombustibles que se presenta en regiones específicas. Cualquier forma de demanda adicional en el sistema agrícola mundial tiene el potencial para crear ILUC. Hay que tener en cuenta que los biocombustibles actualmente representan una proporción muy pequeña de la producción agrícola mundial, aproximadamente el 2%. Otros usos del suelo no agrícolas también pueden resultar en impactos ILUC, tales como las exploraciones y explotaciones petroleras, la minería, la expansión urbana o la construcción de infraestructura (Ernst & Young, 2011).

3.2. Los impactos sobre los servicios ecosistémicos derivados del agua

Los biocombustibles incursionan como un factor adicional que intensifica la competencia por el agua y la tierra. Aunque actualmente la contribución de los cultivos energéticos en la demanda global de agua en la agricultura es modesta, se calcula que alrededor del 1% de toda el agua extraída para fines agrícolas se utiliza para el riego de materias primas (IWMI, 2008). Las necesidades de agua para producir energía a partir de biomasa son altas, pueden ser alrededor de 70 a 400 veces más

que los requerimientos de otras formas de energía, tales como los combustibles fósiles, la energía eólica y la solar (Gerbens-Leenes et al., 2008), dependiendo de factores como el tipo de cultivo, el tipo de suelo, el clima, las prácticas agronómicas y la eficiencia de las tecnologías de producción (De Fraiture, 2009) "edition": "1", "editor": [{ "family": "Bringezu", "given": "R.W. Howarth and S." }], "id": "ITEM-1", "issued": { "date-parts": [["2009"]] }, "page": "139-153", "publisher": "Proceedings of the Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE).

Los impactos derivados de la producción y expansión de los biocombustibles sobre los recursos hídricos no ha sido un tema copiosamente estudiado. Berndes (2002) evaluó el consumo de agua en las diferentes etapas de producción de los biocombustibles, encontrando que la fase de cultivo de la materia prima es la que más utiliza agua, alrededor del 90%, mientras que el 10% restante se utiliza en la fase industrial de producción. Rosegrant et al. (2002) analizan el papel del agua en la agricultura encontrando que la producción de biocombustibles afecta a los recursos de agua directamente a través de la extracción de agua para el riego y los procesos industriales de la conversión de materia prima, e indirectamente mediante el aumento de la pérdida de agua por evapotranspiración, que de otra manera estaría disponible en forma de escorrentía y la recarga de aguas subterráneas.

De Fraiture y Berndes (2009) calculan que la mayor parte de los requerimientos de agua para los cultivos energéticos (alrededor del 80%), son asumidos directamente por las precipitaciones (principalmente en América Latina y Europa). El 20% restante dependen en gran medida del riego (por ejemplo, el norte de África, Sur de Asia, y las llanuras del norte de China). Otros estudios sobre los requerimientos de agua de los biocombustibles se centran en el concepto de "Huella Hídrica" introducido por Hoekstra (2003), que hace referencia al uso directo e indirecto del agua a lo largo de la cadena de producción o del ciclo de vida de un producto. Hoekstra et al. (2009) demostraron que la huella hídrica de la energía de la biomasa es cerca de 70 a 700 veces mayor que la de los combustibles fósiles, esto dependiendo del tipo de materia prima y de las condiciones climáticas de la región geográfica donde se produzca. Recientemente Lienden *et al.* (2010) estimaron la huella hídrica de la producción de biocombustibles mostrando que ésta crecerá en 5,5% con respecto al total del agua azul disponible para los seres humanos en el 2030, mientras que la huella hídrica del sector transporte aumentará aproximadamente 10 veces con la producción de biocombustibles.

Ahora bien, los impactos sobre los servicios ecosistémicos relacionados con el recurso hídrico derivados del cultivo de materias primas para biocombustibles no son diferentes de los de otros cultivos agrícolas. Se observa que en general, la agricultura suele aumentar el servicio de aprovisionamiento (alimentos, combustibles, madera, agua) a expensas de otros servicios ecosistémicos como los servicios de regulación (recarga de aguas subterráneas, control de inundaciones, control de sedimentos, entre otros.), de protección y soporte (hábitat, producción primaria, ciclo de nutrientes) (MEA, 2005).

El efecto más directo y visible está relacionado con la agricultura de riego, ya que el retiro de agua de ríos, lagos, lagunas y ciénagas, reduce los caudales, llegando en ocasiones a desaparecer los cuerpos de agua en temporadas secas. Las desviaciones de cauces de los ríos, las construcciones de presas y otras infraestructuras destinadas a retirar agua para fines agrícolas causan alteraciones muy graves a la estructura hidrológica y con ello a los ciclos reproductivos y migratorios de especies hidrobiológicas (Gordon *et al.*, 2003). Los cambios en la estructura hidrológica, a su vez, afectan los patrones de sedimentación y de inundación, causando importantes impactos en la diversidad biológica y en el bienestar humano (Falkenmark & Rockstrom, 2006).

De otra parte, el drenaje de humedales y turberas para fines agrícolas es una de las principales causas de las pérdidas de estos ecosistemas en el mundo (Finlayson & D'Cruz, 2005). Existen varios ejemplos de los daños causados a los humedales por la expansión de los biocombustibles. En el sudeste de Asia, los pantanos de turba tropicales han sido degradados por la tala de madera y conversión de bosques a plantaciones de palma aceitera (De Fraiture et al., 2008). Adicionalmente, durante la fase industrial de transformación de los biocombustibles, se generan importantes impactos en la calidad del agua por la escorrentía de aguas contaminadas con fertilizantes, pesticidas y herbicidas, que finalmente van a parar sobre los cuerpos de aguas superficiales y las fuentes subterráneas. La contaminación por nutrientes generalmente deriva en procesos de eutrofización. De otra parte, cuando se utilizan los recursos hídricos subterráneos se dan cambios en los niveles freáticos que conducen al deterioro de estas aguas, generando problemas colaterales como salinización de los suelos. Existen varios ejemplos de este fenómeno en India, China, México, EE.UU, Australia (Siebert et al., 2010).

En Colombia, a partir de la revisión de expedientes de procesos que adelantan las autoridades ambientales regionales, es posible documentar diversos conflictos generados por el uso del agua en los municipios productores de palma de la región de la Orinoquia. Los de mayor recurrencia se relacionan con la fase de adecuación de terrenos para la implementación de las plantaciones nuevas de palma o ampliación de las existentes; en estos casos es común encontrar referencias a prácticas como tala de árboles, intervención de moriches, bosques de galería y humedales, así como también la excavación de zanjas de drenaje o construcción de canales de riego, todo esto sin sustentar los correspondientes permisos ambientales. En las sabanas inundables de Casanare y Meta, por ejemplo, los vecinos de lotes en preparación para los cultivos de palma expresan su preocupación por la alteración irreversible en los flujos y corrientes hídricas superficiales y sub superficiales de las áreas de influencia, lo que ha resultado en fenómenos de anegación por desbordamiento de caños y canales que empiezan a recibir caudales por encima de sus medias normales, debido a los drenajes o a los trasvases entre cuencas (Olmos, 2012).

En la figura 3 se presenta un esquema de las interrelaciones complejas que se dan en el uso del agua y la tierra en la agricultura y los servicios ecosistémicos relacionados con el recurso hídrico. Por lo general, la planificación y el manejo convencional del agua en la agricultura se han focalizado en el agua líquida o “agua azul” presente en ríos, humedales, lagos, ciénagas y aguas subterráneas. Sin embargo, el agua azul representa sólo una tercera parte del agua utilizada en la agricultura (Falkenmark & Rockstrom, 2006). En el esquema representado en la figura 3, se incorpora el “agua verde” contenida en la humedad del suelo y en las diferentes formas de biomasa (cultivos, bosques, pastos, sabanas).

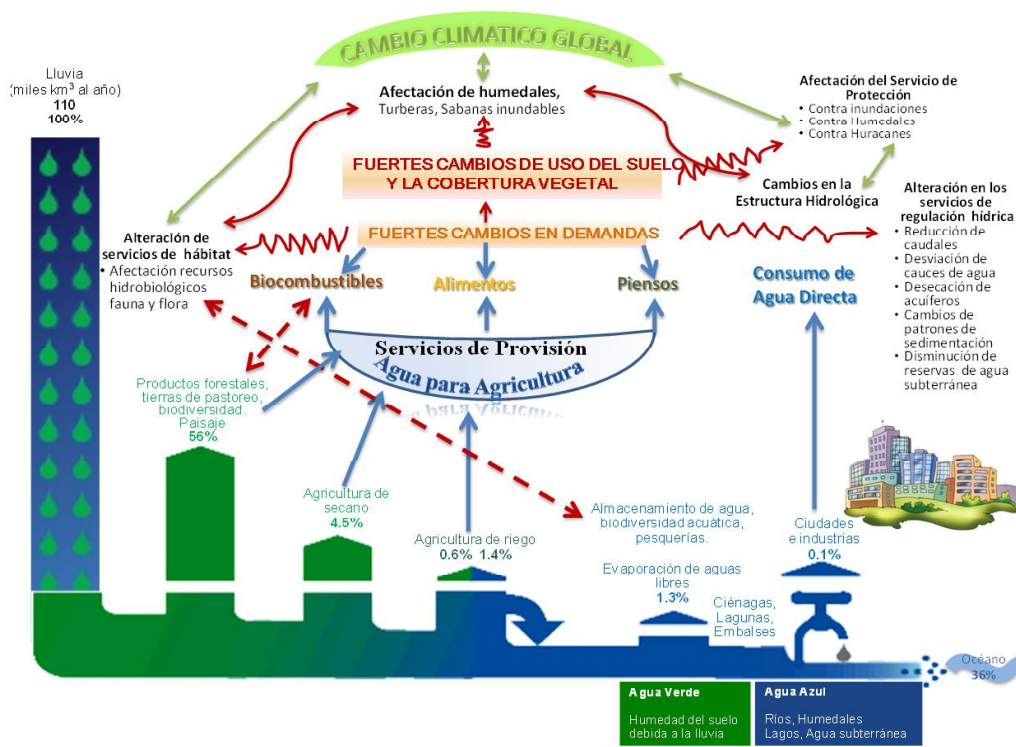


Figura 3. Relaciones entre el uso del agua en la agricultura y los servicios ecosistémicos relacionados con el recurso hídrico. Fuente: adaptado a partir de Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture (Earthscan, 2007), www.earthscan.co.uk.

Desde esta perspectiva, el reto futuro en la planificación y manejo del recurso hídrico involucra difíciles decisiones en relación al balance entre el uso del agua verde y el agua azul para producir alimentos, energía, y los diferentes usos adicionales que demanda la sociedad sin perder de vista el balance de agua requerida por los ecosistemas (Falkenmark & Rockstrom, 2006).

• **Sobre la biodiversidad y los biocombustibles**

La biodiversidad no es un servicio ecosistémico como tal pero, de acuerdo con la Millennium Ecosystem Assessment, es la base de los servicios ecosistémicos a los cuales el bienestar humano

está ligado (MEA, 2005); por tanto es necesario preguntar por los efectos que la industria de los biocombustibles podría tener en la estabilidad y diversidad de las especies.

Varios autores coinciden en afirmar que la demanda acelerada de biocombustibles a nivel mundial constituye una amenaza para la biodiversidad en los países donde las materias primas se cultivan (Groom et al., 2008; Gasparatos et al., 2011). La explicación de lo anterior se basa principalmente en los efectos que la deforestación puede tener en términos de destrucción de hábitats: el monocultivo presenta una estructura de menor complejidad en comparación con un bosque nativo, por tanto, puede albergar una menor cantidad de especies. También se perderían corredores vitales al fragmentar los hábitats. Fitzherbert *et al.* (2008) señalan que otros efectos negativos adicionales son la contaminación (por uso de pesticidas y plaguicidas) y la emisión de GEI. Gasparatos *et al.* (2011) añaden a la anterior lista la invasión de especies y el cambio climático, pero concuerdan en plantear la alteración de hábitats como el posible impacto más significativo.

Pasando al panorama colombiano, el documento Conpes 1305 reconoce que puede haber efectos negativos por causa de la siembra extensiva de productos para biocombustibles, como pérdida de biodiversidad y afectación en los servicios ambientales que se producen en los ecosistemas presentes en las áreas atractivas para cultivar. Sin embargo, estudios como los de León (2007) con respecto a la palma africana aclaran que los efectos en la biodiversidad deben estudiarse de acuerdo a cada región y sus particularidades. También indican que éstos pueden ser positivos (aumento de conocimiento de las especies, recuperación de hábitats, conservación) o negativos (afectación de sus niveles de organización) y que no en todos los casos se establecen cultivos de palma a expensas de bosques primarios. Precisamente el punto principal de discusión con respecto a la biodiversidad es la deforestación por causa del establecimiento de cultivos energéticos. Seeboldt y Salinas (2010) plantean que en Colombia se han reducido los bosques primarios en el Chocó biogeográfico y que del mismo modo los ecosistemas como los humedales de la Orinoquia y el Magdalena Medio podrían verse afectados por las plantaciones de palma. A este respecto, León (2007) manifiesta que no solo en el caso de la Orinoquia sino a nivel general debería darse una expansión sostenible de la palma en zonas previamente intervenidas para respetar áreas de importancia ecosistémica.

La literatura científica tanto a nivel nacional como internacional plantea que los riesgos para la biodiversidad debido a la expansión de cultivos de materia prima para biocombustibles puede disminuir si se cuenta con una planeación responsable que incluya las dinámicas ecosistémicas. Del mismo modo, coinciden en que es necesario contar con sistemas de control e instituciones fuertes para garantizar el cumplimiento de las decisiones tomadas y con investigaciones que aumenten el conocimiento de las especies y ecosistemas amenazados, con el fin de respaldar las iniciativas de conservación.

3.3. El impacto sobre la producción y precios de los alimentos.

Varios estudios han demostrado la relación que existe entre el alza experimentada en los precios de los alimentos en los últimos años y el incremento global en la producción de biocombustibles. Según la FAO, los índices de precios de los alimentos subieron en 40% durante el año 2007 y las alzas más pronunciadas se dieron en los precios de los cereales, en menor medida en las semillas oleaginosas y en el azúcar. Adicionalmente, reporta que en el 2007 el gasto mundial en productos alimenticios importados aumentó en cerca de 29% por encima del record obtenido en el año 2006. La mayor parte de este incremento se explica por el aumento de los precios de los cereales importados y aceites vegetales, grupos de alimentos utilizados para la producción de biocombustibles (FAO, 2008).

Ewing y Msangi (2009), demuestran que entre el 2002 y el 2007 la producción de maíz para etanol en los EE.UU. fue responsable del 30% del incremento de los precios del trigo y cereales usados como alimento. Estos autores estiman que durante este período se destinaron 93 millones de toneladas de trigo y cereales secundarios, 81 millones de toneladas de maíz (la cuarta parte de todo el maíz producido en los EE.UU.) para la producción de etanol. Según el Fondo Monetario Internacional (FMI), el crecimiento mundial de la producción de biocombustibles explica en promedio el 12% del aumento del índice de precios de los alimentos durante el período 2006-2008 (Baier *et al.*, 2009). Adicionalmente, The International Food Policy Research Institute (IFPRI) plantea que la creciente demanda de bioenergía representó el 30% del aumento ponderado de los precios de los granos entre los años 2000 y 2007 (Tirado *et al.*, 2010).

De otra parte, se evidencia que entre más altos sean los precios del petróleo, mayor será el vínculo entre los biocombustibles, los cambios en los precios de la tierra y la seguridad alimentaria. Con altos precios del petróleo, la producción de biocombustibles es más rentable a la vez que se incrementan las rentas de la tierra (Dufey & Stange, 2011). Cambios grandes y sostenidos de los precios de los combustibles fósiles, así como las políticas sectoriales de apoyo y promoción del sector pueden terminar por reducir la disponibilidad de tierra para los alimentos y generar incrementos sostenidos de los precios de los bienes de la canasta familiar (Kretschmer & Peterson, 2008; Msangi *et al.*, 2010).

Si bien la expansión de los biocombustibles puede generar ingresos adicionales a los productores agrícolas y las exportaciones pueden contribuir al crecimiento de las economías a través de la generación de divisas y la creación de oportunidades de empleo, los resultados de análisis de equilibrio parcial dejan ver que países con población vulnerable y desnutrida difícilmente podrán comprar alimentos a pesar de su capacidad de producción o de la disponibilidad de los mismos por causa de sus precios crecientes (Ewing & Msangi, 2009). Aquí entra a jugar el problema de la distribución del ingreso agrícola entre grandes y pequeños productores y consumidores, ya que finalmente de ello depende el impacto sobre el bienestar humano (Ewing & Msangi, 2009).

3.4. Impactos sobre el acceso y los precios de la tierra.

Las implicaciones de la expansión de los biocombustibles en el acceso a la tierra varían considerablemente, dependiendo del tipo de materia prima, de los diferentes sistemas de tenencia de la tierra y de los modelos de producción de biocombustibles, que van desde modelos de autosuficiencia energética local hasta modelos de gran plantación con fines de exportación. También dependen de la importancia relativa que tenga la agricultura en la economía nacional. Por supuesto, en aquellos países con índices altos de población rural, una alta participación del PIB agrícola en la economía y una gran dotación de recursos naturales experimentarán un mayor impacto frente al cambio de uso y cobertura de la tierra (Cotula *et al.*, 2008).

Una pregunta central que plantea Cotula *et al.* (2008) con relación al tema de la tierra es si el aumento de la demanda de materias primas para biocombustibles debe suplirse a través de la intensificación de su uso o a través de la expansión. Sin duda, parte de la creciente demanda por biocombustibles de primera generación puede ser satisfecha haciendo un uso más intensivo de la tierra, produciendo mayores rendimientos, con el uso de nuevas variedades, riego, químicos y fertilizantes. A futuro, con la disponibilidad comercial de los biocombustibles avanzados (segunda generación), es probable que se logre un uso más eficiente de la tierra, haciendo un mejor uso de los productos de desecho y de las tierras marginales (Lotze-Campen *et al.*, 2010).

Sin embargo, no se puede confiar sólo en la intensificación para abastecer el crecimiento de la demanda de materias primas ya que las ganancias por mejores rendimientos no se extienden por igual en todas las regiones. A menudo estos beneficios se limitan a la agricultura que se desarrolla a gran escala. Los pequeños productores, por lo general, tienen acceso limitado a las nuevas tecnologías por sus altos costos y sus rendimientos no son comparables con los que se producen a gran escala, como lo demuestran los pequeños productores de aceite de palma en Malasia (Vermeulen & Goad, 2006). De otra parte, el cambio climático genera incertidumbres adicionales y variabilidad en las condiciones de producción.

En Asia, Europa y América del Norte casi toda el área agrícola ya está cultivada y la disponible está en bosques (Fischer *et al.*, 2002). En estas regiones la expansión de los cultivos para biocombustibles sólo puede darse por sustitución de otros cultivos o por expansión sobre zonas forestales, asumiendo importantes riesgos ecológicos. El 80% de las reservas de tierras agrícolas en el mundo están ubicadas en África (807 millones de ha) y América del Sur (552 millones de ha), de las cuales se encontraban cultivadas 197 y 159 millones respectivamente en el 2002. Si se supone una subestimación del uso real entre el 10% y 20%, la tierra cultivable se incrementaría en aproximadamente 227 millones de hectáreas en África y 183 millones de hectáreas en América del Sur (Fischer *et al.*, 2002).

Otra opción para la expansión de los cultivos energéticos es el uso de tierras marginales o "abandonadas". Field, Campbell y Lobell (2008), utilizando imágenes de satélite del año 2004, calcularon las tierras agrícolas abandonadas en 386 millones de has. Sin embargo, estas tierras pueden presentar serias restricciones para la producción, tales como el acceso al agua y la inaccesibilidad

a los mercados. Adicionalmente, su uso puede resultar en daños ecológicos de largo plazo como erosión y salinización severas.

En síntesis, las tierras agrícolas con altas posibilidades de uso para cultivos energéticos son limitadas, excepto en ciertas regiones de América del Sur y África. De hecho la mitad de las reservas de tierras cultivables se encuentra sólo en siete países: Angola, República Democrática del Congo, Sudan, Argentina, Bolivia y Colombia (Fischer *et al.*, 2002). Se estima que en el mediano y largo plazo los países del trópico jugarán un papel cada vez más importante en la producción de materias primas dadas sus condiciones climáticas y biofísicas favorables, y los bajos precios de la tierra y la mano de obra, así como los apoyos y acuerdos favorables para la inversión (Dufey, 2006).

Con relación a los cambios en los precios de la tierra, se observa que los subsidios y demás políticas de apoyo al sector de biocombustibles tienden a incrementar sus costos y los de los insumos agrícolas. Al aumentar la demanda de tierra y teniendo en cuenta el carácter limitado o informal de su mercado, su costo de oportunidad sube y se preferencia la asignación hacia aquellos usos que parezcan más rentables. Con el incremento de los precios de la tierra y los insumos agrícolas los términos de intercambio entre la agricultura y otros sectores de la economía cambian y entonces la mayor tasa de rentabilidad de la agricultura refuerza la tendencia hacia precios más altos de la tierra, especialmente de las tierras fértiles. En estas circunstancias los cultivos menos rentables son desplazados hacia aquellas menos productivas como zonas de pastoreo, tierras forestales o tierras abandonadas (Cotula *et al.*, 2008). A su vez, los cambios en los precios de la tierra llevan a incrementar la concentración de la misma en manos de quienes tienen acceso a recursos de capital e infraestructura, especialmente en regiones donde existen fuertes asimetrías de poder, falta de claridad y pocas garantías de los marcos jurídicos que establecen los derechos de propiedad, y políticas ambientales y agrícolas que crean incentivos perversos con respecto a su acceso y uso (Cotula *et al.*, 2008).

En esta dinámica se prevé que en el largo plazo la creciente producción de biocombustibles seguramente afianzará los cambios en la tenencia de la tierra, y para los grupos marginados el acceso a la tierra será más difícil (Cotula & Neves, 2007). Grupos específicos como los agricultores itinerantes, las mujeres y los pequeños productores serán especialmente propensos a sufrir la exclusión de la tierra causada por su valorización (Cotula & Toulmin, 2007). Por ejemplo, en Kenia, el 70% de la mano de obra agrícola la aportan las mujeres y sólo poseen el 1% de la tierra que cultivan (DFID, 2007). Esto se replica en el mundo desarrollado donde sólo el 5% de las mujeres campesinas son propietarias de sus tierras (IFPRI, 2011). Este hecho adquiere mayor relevancia en regiones como Colombia, donde por efectos del conflicto armado muchas mujeres son viudas, madres cabeza de hogar, lo que las hace más vulnerables a ser desplazadas hacia tierras marginales cuando se dan incrementos en los precios de la tierra.

4. LOS BIOCOMBUSTIBLES EN COLOMBIA: LA EXPANSIÓN DE LOS CULTIVOS DE PALMA AFRICANA Y SUS IMPLICACIONES SOCIALES

Las políticas estatales que buscan incentivar la producción de biocombustibles generan tensiones y conflictos entre las diferentes organizaciones y comunidades que componen la sociedad civil. Se han conformado diversas opciones de resistencia frente a la promoción y expansión de los monocultivos energéticos, que incluyen grupos indígenas, comunidades afrodescendientes y campesinas que se oponen a la implementación de estos cultivos en sus territorios, argumentando que ellos amenazan la continuidad de su cultura y de la vida comunitaria (Roa & Toloza, 2008). De otro lado, aparecen conflictos entre capital y trabajo que se manifiestan en la luchas sindicales y la defensa de los derechos laborales en oposición a las cooperativas de trabajo asociado (Roa & Toloza, 2008; CINEP, 2009).

A continuación se discuten tres puntos que reflejan la tensión social alrededor de la política de biocombustibles en Colombia, los cuales se relacionan con las temáticas previamente analizadas.

- **Seguridad alimentaria**

Las comunidades tienen claro que independientemente de que los cultivos utilizados para la producción de energía sean comestibles o no, estos generan competencia por las tierras agrícolas, el agua, la mano de obra y demás insumos de producción agrícola (Friends of the Earth, 2008). La

producción a escala industrial de biocombustibles expande la frontera agrícola con repercusiones importantes en el precio y la concentración de la tierra y de los demás insumos productivos lo que a su vez, en algunos casos, se ha traducido en procesos violentos de invasión de territorios de comunidades indígenas y afrodescendientes, y la expropiación de las tierras de pequeños y medianos agricultores, afectando la producción de alimentos (Pérez, 2011). De otra parte, constituye una preocupación reciente la compra y arrendamiento de tierras por parte de extranjeros para la producción de biocombustibles. Esta práctica significa hipotecar tierras cultivables por períodos largos de tiempo (superiores a 30 años), cuyo costo de oportunidad puede ser muy importante en términos de la producción de alimentos (OXFAM, 2012). Uno de los retos de la sociedad civil es hacer visible el aporte de las comunidades rurales al bienestar social, a la economía y a la cultura, a través de la preservación de la seguridad y la autonomía alimentaria (Salgado, 2010).

• Derechos laborales

La subcontratación de trabajadores y de actividades por parte de las empresas a través de los esquemas de Cooperativas de Trabajo Asociado (CTA) y las Alianzas Productivas Estratégicas (APE) constituyen una práctica común en los países tropicales productores de materias primas para biocombustibles (Dufey & Stange, 2011). Estos dos modelos son frecuentes en la agroindustria palmera en Colombia y son objeto de diversas críticas desde la perspectiva de los derechos laborales de los trabajadores.

El origen de las CTA se remonta al debilitamiento de las organizaciones sindicales en los años noventa, lo cual permitió que se reformara la normativa laboral y que se flexibilizaran las relaciones laborales, ocasionando un debilitamiento en la protección de los derechos de los trabajadores. El modelo de las CTA se creó con apoyo de las élites empresariales. En ellas el trabajador es tomado como empresario, lo cual no permite que se establezcan sindicatos ni huelgas; entonces no hay gremio que represente sus derechos. La CTA es liderada por uno de los trabajadores y ella misma debe asegurarse de pagar la seguridad social de sus afiliados, conseguir las herramientas para el servicio que prestan y pagar los impuestos que éstas generan. Se dice que en el modelo de las CTA el trabajo es precarizado y aumenta la inequidad en la relación entre empresa y trabajador (Seeboldt & Salinas, 2010).

Por otra parte, Fedepalma define las Alianzas Productivas Estratégicas como relaciones formales entre productores (de bienes agropecuarios, comercializadores y agroindustriales) con el objetivo de expandir las áreas de cultivo de tándem de rendimiento y ofrecer actualización tecnológica a los pequeños productores (Fedepalma, 2010). Este modelo también fue denominado *alianzas productivas y sociales para sembrar la paz* por parte de su principal creador y exponente, Carlos Murgas Guerrero (en ese entonces Ministro de Agricultura). La intención era “rescatar el campo para que sea nuevamente productivo y rentable” (Murgas, 1999, p. 13). En síntesis, una alianza integra a varios actores (campesinos, Estado, empresa privada) alrededor de la producción de un cultivo permanente. El Estado y la empresa privada se encargan de dar al campesino o al pequeño propietario recursos, financiación y asistencia técnica, para que pueda cultivar y generar sus propios ingresos. La compra de su producción se garantiza por medio de contratos con las empresas privadas (hasta 30 años de exclusividad), lo que permite que el campesino pueda pagar los créditos al banco.

Al proveer a la población local una oportunidad para volverse “empresarios”, se mejoran las condiciones de vida del contexto (hay trabajo, hay alternativas para el desarrollo social), lo que contribuye al fin último de las alianzas, ser “instrumentos de acción colectiva que facilitan el tránsito de una sociedad en conflicto a una en paz” (Murgas, 1999, p. 49). Este modelo no sólo se centra entonces en una reactivación del campo, sino en la recuperación de la calma en las zonas rurales.

Una evaluación por parte de Fedepalma a 23 alianzas en las cuatro zonas palmeras dio resultados positivos y puntos por mejorar. En cuanto a los primeros, se resaltó una mayor facilidad en el acceso de los productores a financiación y a asistencia técnica debido al contacto con empresas grandes y formalización de vínculos con el estado. Y en cuanto a los segundos, se mencionaron el estado sanitario de los cultivos, el orden público, el costo de fertilizantes, créditos bancarios que se entregan de manera inoportuna y los cambios repentinos en el precio del aceite de palma a nivel internacional. En suma, la evaluación de Fedepalma es positiva y concluye que el modelo lleva a una situación en donde tanto el productor como la empresa ganan.

Sin embargo, estos esquemas buscan disminuir los costos de la mano de obra y de la tierra e

imponen condiciones asimétricas en las relaciones con los trabajadores, a través de la tercerización de los trámites de la contratación de personal. De esta manera, las empresas consiguen acceder a una fuerza de trabajo por debajo del costo, al margen de la protección legal que implica la relación laboral (Seeboldt & Salinas, 2010). En la misma línea, Fajardo *et al.* (2010) señalan que bajo el modelo de las Alianzas los salarios no son justos y no se reciben prestaciones laborales, y también se impide el derecho de asociación y de formación de sindicatos. Por otra parte, los campesinos propietarios deben asumir todos los riesgos frente a posibles epidemias en los cultivos, cuyos efectos pueden resultar en la muerte de la plantación y la pérdida total de la inversión.

Estos esquemas de contratación de la agroindustria palmera también se justifican en su aporte a los procesos de revitalización del campo y de reconstrucción del tejido social que generan. Las poblaciones que han participado del modelo dan testimonios sobre los beneficios que han recibido (algunos se presentan en el documento de Fedepalma, “Los rostros de la palma. La relevancia de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia”, publicado en 2007). La problemática radica en el hecho de que tierras que fueron arrebatadas a comunidades vuelvan a ellas por medio de créditos y de contratos a largo plazo con empresas privadas —es decir, deben pagar por volver a ser propietarios y sin contar con la libertad de usar su tierra en los cultivos de su elección. Esta es una de las perversidades del sistema, que se camufla en las oportunidades de desarrollo que ofrece a la población y en los altos ingresos económicos que representan los cultivos permanentes para el país.

Conflicto agrario

Los biocombustibles contribuyen a la consolidación de la agricultura empresarial, que agudiza la tendencia histórica de la concentración de la tierra en los países del trópico caracterizada por la presencia de grupos de terratenientes e inversionistas que ven a la tierra como factor productivo, generador de rentas y eje articulador del poder político local (Salgado, 2010). En este modelo, las comunidades indígenas, los grupos de afrodescendientes y campesinos pobres, sin derechos de propiedad sobre la tierra, pasan a tener un valor subsidiario como jornaleros o asalariados rurales, lo cual genera formas particulares de integración y expulsión de la población rural. Esta situación agudiza la pérdida de reconocimiento del valor de las comunidades campesinas, indígenas y afrodescendientes como sujetos culturales con posibilidad de integrarse a los procesos de desarrollo enmarcados en su contexto social. Desde esta perspectiva, la tierra y el reconocimiento se constituyen en instrumentos vitales para que los campesinos, comunidades indígenas y afrocolombianas construyan sus proyectos de vida, mantengan su identidad y su sentido de pertenencia en la sociedad (Salgado, 2010).

El tema de la distribución de la tierra y del conflicto agrario en Colombia está fuertemente asociado con la violación de los derechos humanos, principalmente desplazamientos y despojos. De acuerdo con Salinas (2011), el contexto de violencia ha marcado las dinámicas de la tierra, lo que trae como consecuencia que en los tiempos actuales las grandes concentraciones de tierra se relacionen directamente con terratenientes, empresas y grupos paramilitares. También se señala al Estado como responsable debido a su apoyo a proyectos mineros, energéticos, agroforestales y de agrocombustibles.

Los conflictos agrarios se remontan al siglo XIX, cuando existían tensiones entre colonos y terratenientes por la titulación de sus predios, en un momento en que el país se quería establecer como país exportador (Sánchez, Fazio y López, 2007). Entrado el siglo XX se evidenciaba ya la concentración de la tierra y aunque hubo muchos intentos por parte del Estado de beneficiar y propiciar las pequeñas propiedades (como la Ley 71 de 1917), éstas se establecieron en zonas marginales mientras que los grandes propietarios se ubicaron cerca de centros de consumo (Machado, 1986). Posteriormente, se registran brotes de violencia particularmente en zonas donde no había claridad con respecto a los títulos y registros catastrales de pequeños propietarios que colindaban con fincas en expansión (Lorente, Salazar y Gallo, 1985). Este mecanismo débil de sistematización de títulos de propiedad, sumado al contexto de violencia del país, ha dado como resultado un fenómeno de desplazamiento de poblaciones rurales. Aproximadamente 6,6 millones de hectáreas han sido abandonadas debido al desplazamiento forzoso y al despojo (Salinas 2011). Este éxodo de los habitantes del campo ha sido relacionado no sólo con las acciones de grupos armados ilegales, sino también con los intereses por la tierra del gobierno y de empresas interesadas en megaproyectos, como los agroindustriales.

Las administraciones de Álvaro Uribe han sido particularmente señaladas de lo anterior, debido a las políticas de apoyo a grandes grupos empresariales con programas como Agro Ingreso Seguro,

cuyos beneficios estaban fuera del alcance de pequeños y medianos campesinos (Pérez, 2010). Su gobierno también fue señalado de forzar la titulación de territorios baldíos a grupos empresariales en el Meta para proyectos de biocombustibles, pero el objetivo no se cumplió por la protesta de la sociedad civil. Un caso similar es el del terreno de las Pavas en el sur de Bolívar, en el cual se denunció el desplazamiento de familias de campesinos por la titulación de las tierras al grupo industrial Daabon.

La academia se ha pronunciado ante los conflictos por el territorio que se han relacionado con los cultivos de materia prima para biocombustibles, especialmente la palma africana en Colombia. Alfredo Molano ha escrito de manera frecuente sobre los desplazamientos y el despojo de tierras por parte de grupos paramilitares, para tener el control de regiones en donde posteriormente se establecen cultivos de palma; y ha publicado numerosas columnas sobre el vínculo entre paramilitares, desplazamiento y palma africana en varias regiones de Colombia como el Catatumbo (Molano, 2012), los departamentos de Bolívar (Molano, 2009) y Chocó (Molano, 2008).

Por otra parte, Seeboldt y Salinas (2010) señalan que hay tres maneras en las que el desplazamiento beneficia a los cultivos de palma: uso de violencia para desplazar poblaciones y desocupar territorios; ingreso de empresas a territorios que tuvieron que ser abandonados (etapas posteriores al conflicto), recuperados por la fuerza pública, y comprados por las empresas a un menor precio; y la reubicación o restitución de territorios, que va de la mano con el involucramiento de los desplazados en los modelos de Alianzas Estratégicas, que es la única forma de volver a su territorio, perdiendo autonomía sobre sus decisiones con respecto a lo que desean sembrar.

Se evidencia entonces que la producción de biocombustibles está fuertemente ligada en el caso colombiano con una problemática profunda de conflicto e inequidad frente a la posesión y el uso de la tierra. De este modo, se concluye que la promoción de cultivos energéticos va más allá de la obtención de energía alternativa de los combustibles fósiles, para ser un reflejo de las tensiones que genera una creciente concentración de la tierra en ciertas manos, para usos que se están enfocando cada vez más en actividades mineras, petroleras y agroindustriales. A lo anterior se suma que algunos actores, como las grandes empresas, podrían contar con mayor injerencia para volcar las políticas a su favor, obteniendo ayudas y apoyos gubernamentales, a diferencia de las poblaciones campesinas y las minorías étnicas (Salinas, 2011).

5. CONCLUSIONES

Diez años después del dinámico desarrollo e implementación de los biocombustibles en varios países del mundo, estudios en diversos campos han arrojado serios cuestionamientos a los planteamientos que inicialmente sustentaron su promoción.

Con relación a su aporte a la matriz energética mundial, es claro que los combustibles fósiles (petróleo, gas, carbón) continuarán siendo la fuente dominante de energía primaria a nivel global durante las próximas décadas. El aporte de los biocombustibles es y continuará siendo muy bajo de aquí al año 2030. (BP, 2011; IEA, 2011).

Los costos de producción surgen como un tema crítico en el análisis de las posibilidades futuras de los biocombustibles. Con excepción del etanol producido en el Brasil, la viabilidad actual y futura de los biocombustibles depende de que los precios del petróleo se mantengan altos y del sostenimiento de las ayudas fiscales de los diferentes gobiernos.

El aporte de los biocombustibles de primera generación a la reducción de emisiones de GEI es fuertemente cuestionada en la actualidad. Numerosos estudios ponen en evidencia los impactos generados por los cambios directos (DLUC) e indirectos del uso del suelo (ILUC). La transformación de grandes extensiones de ecosistemas de humedales, bosques y sabanas naturales, para dar paso a los cultivos energéticos, genera significativas emisiones de GEI procedentes de la conversión de tierras, que podrían anular cualquier reducción lograda con la implementación de los biocombustibles. Y aunque no existen pruebas científicas concluyentes con respecto a la escala y severidad de estos impactos, se recomienda a los responsables de diseñar políticas públicas asumir un enfoque preventivo, especialmente en los países del trópico, que se caracterizan por su alta vulnerabilidad ecosistémica y social.

La literatura reciente advierte claramente sobre los efectos colaterales negativos de la expansión de los cultivos energéticos sobre los precios y la producción de alimentos. Se evidencia que a mayores precios del petróleo, mayor será el vínculo entre los biocombustibles, los cambios en los precios de la tierra y la seguridad alimentaria. Cambios grandes y sostenidos en los precios de los combustibles fósiles, así como en las políticas de apoyo y promoción al sector pueden terminar por reducir la disponibilidad de tierras para la producción de alimentos y generar incrementos sostenidos en los precios, con efectos especialmente importantes en los países en desarrollo.

Adicionalmente, los biocombustibles incursionan como un factor que intensifica la competencia por el agua. Los impactos derivados de la producción y expansión de los biocombustibles sobre los recursos hídricos no han sido ampliamente estudiados. Los efectos más directos y visibles se relacionan con el riego por desviación y desecamiento de caudales, construcción de presas e infraestructuras que causan graves alteraciones en las estructuras hidrológicas. De otra parte, el drenaje de humedales, ciénagas y turberas para el cultivo de materias primas, así como la escorrentía y el vertimiento de aguas contaminadas con fertilizantes, pesticidas, herbicidas, constituyen las principales causas de pérdidas de estos ecosistemas en el mundo.

El desarrollo y comercialización de las llamadas tecnologías de segunda generación ha sido más lenta de lo inicialmente presupuestado por los países líderes. A pesar de las grandes inversiones en investigación y las ambiciosas metas de producción establecidas en varios países, se prevé que los biocombustibles avanzados no estarán disponibles comercialmente a gran escala antes de la próxima década, es decir, que los biocombustibles de primera generación seguirán constituyendo la mayor parte de la oferta de biocombustibles en la presente década y coexistirá con los biocombustibles de segunda generación después del año 2020.

En cuanto a las implicaciones sociales de la expansión de los biocombustibles, es un hecho que existen problemas de seguridad y vulneración de los derechos humanos cuando los cultivos energéticos se ubican en países y regiones con conflicto interno. En el caso de Colombia, la expansión de los cultivos energéticos se asocia en algunas regiones con desplazamiento forzado, apropiación ilegítima y violenta de las tierras, y en general violaciones de los derechos humanos. Algunas empresas ligadas a la industrias de los biocombustibles se convierten en cómplices de su vulneración, bien sea por acción u omisión, al permitir la vinculación de grupos armados y de dineros de procedencia ilícita en las instancias empresariales y políticas de las regiones.

Por último, pero no por ello menos importante, se debe destacar el papel que tiene la expansión de los cultivos energéticos sobre el conflicto agrario y la propiedad de la tierra rural. Si bien estos problemas prácticamente no se presentan en los países desarrollados, claramente la presión sobre la frontera agrícola en los países en desarrollo -donde no existe una infraestructura institucional moderna y una clara asignación de los derechos de propiedad- no solo pueden intensificar los conflictos agrarios, sino generar nuevas formas de violencia, como ocurrió en algunas zonas palmeras del territorio colombiano.

Finalmente, existe consenso en que las evaluaciones macroeconómicas y ecológicas de los impactos derivados de la expansión de los biocombustibles sobre el bienestar humano no están bien representadas para los diferentes países y menos aún para los países en desarrollo y que se requiere refinar las metodologías, estandarizar criterios y modelos, unificar los lenguajes y técnicas de medición, todo ello con el fin de poder lograr consensos claves sobre los temas estudiados en este artículo.

REFERENCIAS

Achten, W., & Verchot, L. 2011. Implications of Biodiesel-Induced Land-Use Changes for CO₂ Emissions: Case Studies in Tropical America, Africa, and Southeast Asia. *Ecology and Society*, 16(4), 3-14. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-04403-160414>

Ahmed, S., Jaber, A., Konukiewitz, M., Dixon, R., Eckhart, M., Hales, D., & Thompson, G. 2011. Renewables 2011. Global Status Report. París: REN21, Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Disponible en: www.ren21.net/Portals/97/documents/GSR/GSR2011_Master18.pdf

Baier, S., Clements, M., Griffiths, C., & Ihrig, J. 2009. Biofuels Impact on Crop and Food Prices:

Using an Interactive Spreadsheet. International Finance Discussion Papers, No. 967. Estados Unidos: Board of Governors of the Federal Reserve System.

Berndes, G. 2002. Bioenergy and water: the implications of large-scale bioenergy production for water use and supply. *Global Environmental Change*, 12 (4), 253-271

BP. 2011. BP Statistical Review of World Energy. Disponible en: www.bp.com/statistical_energy_review/2011/statistical_review

Carlson, K., Curran, L., Ratnasari, D., Pittman, A., Soares-Filho, B., Asner, G., Trigg, S., et al. 2012. Committed carbon emissions, deforestation, and community land conversion from oil palm plantation expansion in West Kalimantan, Indonesia. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)*, 109 (19), 7559–7564.

Castiblanco, C., Etter, A., & Aide, T. M. 2012. The future expansion and consequences of oil palm plantations for biodiesel production in Colombia. *Environmental Science & Policy*. En prensa.

CINEP. 2009. Monocultivo y megaproyectos de la agroindustria para combustibles en Barrancabermeja; Los agrocombustibles una amenaza al derecho de la tierra en el Choco. En M. Pinilla (Ed.), *Seminario Nacional Agrocombustibles y Derecho al Territorio*. Bogotá: Centro de Investigaciones y Educación Popular.

Cotula, L., & Neves, B. 2007. The Drives of Change. En L. Cotula (ed.), *Changes in "customary" land tenure systems in Africa*. London: IIED.

Cotula, L., Dyer, N., & Vermeulen, S. 2008. Fuelling exclusion? The biofuels boom and poor people's access to land. *Journal on the Theory of Ordered Sets and Applications*. London: IIED.

Cotula, L. & Toulmin, C. 2007. Conclusion. En L. Cotula, (ed.), *Changes in "customary" land tenure systems in Africa*. London: IIED.

Croezen, H. J. 2010. Aceite de soja y el cambio indirecto del uso de la tierra. Cultivo de agrocombustibles, el cambio indirecto del uso de la tierra y las emisiones (pp. 1-8). Brussels, Belgium: Friends of the Earth Europe.

DFID. 2007. Land: Better access and secure rights for poor people. Londres. Disponible en: <http://www.dfid.gov.uk/pubs/files/LandPaper2007.pdf>.

De Fraiture, C., & Berndes, G. 2009. Biofuels and Water. In R. W. H. and S. Cap. 8 Bringezu (Eds.), *Biofuels: Environmental Consequences and Interactions with Changing Land Use*. pp. 139-153. Gumpersbach Germany: Proceedings of the Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE) International Biofuels. Disponible en: <http://cip.cornell.edu/biofuels/>

De Fraiture, Giordano, M., & Liao, Y. 2008. Biofuels and implications for agricultural water uses: blue impacts of green energy. *Water Policy*, 10 (S1), 67-81.

Di Lucia, L., Ahlgren, S., & Ericsson, K. 2012. The dilemma of indirect land-use changes in EU biofuel policy – An empirical study of policy-making in the context of scientific uncertainty. *Environmental Science & Policy*, 16, 9-19. Elsevier Ltd. doi:10.1016/j.envsci.2011.11.004

Dillon, H., & Laan, T. 2008. Biofuels at What Cost? Government support for ethanol and biodiesel in Indonesia. Geneva: The Global Studies Initiative of the International Institute for Sustainable Development.

Dufey, A. 2006. Biofuel production, trade and sustainable development. Sustainable Markets Discussion Paper No. 2. Londres. Disponible en: <http://pubs.iied.org/pdfs/15504IIED.pdf>

Dufey, A., & Stange, D. 2011. Estudio regional sobre economía de los biocombustibles 2010: temas clave para los países de América Latina y el Caribe. Santiago de Chile: CEPAL. Disponible en: www.cepal.org/cgi-bin/getProd.asp?xml=/.../xml/4/.

Ellis, E. C., & Ramankutty, N. 2008. Putting people in the map: anthropogenic biomes of the world. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6(8), 439-447. doi:10.1890/070062

Ernst & Young. 2011. Biofuels and indirect land use change. The case for mitigation. Londres: Ernst and Young. Disponible en: www.endseurope.com/docs/111005a.pdf

- Ewing, M., & Msangi, S. 2009. Biofuels production in developing countries: assessing tradeoffs in welfare and food security. *Environmental Science & Policy*, 12 (4), 520-528. doi:10.1016/j.envsci.2008.10.002
- FAO. 2008. The state of food and agriculture. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/011/i0100e/i0100e00.htm>
- FAPRI. 2011. Food and Agricultural Policy Research. Disponible en: www.fapri.iastate.edu/tools/outlook.aspx
- Fairley, P. 2011. Next generation biofuels. *Nature*, 474.
- Fajardo, D., Salinas, Y., Álvarez, P. 2010 La Colombia de los agrocombustibles. Bogotá: Grupo Semillas, Afro Impresores LTDA.
- Falkenmark, M., & Rockstrom, J. 2006. The New Blue and Green Water Paradigm: Breaking New Ground for Water Resources Planning and Management. *Journal of Water Resources Planning and Management*, editorial.
- Fargione, J., Hill, J., Tilman, D., Polasky, S., & Hawthorne, P. 2008. Land clearing and the biofuel carbon debt. *Science* 319 (5867), 1235-8. doi:10.1126/science.1152747
- Fedepalma 2010. Informe final. Evaluación del modelo de Alianzas Productivas en Palma de Aceite. Bogotá: Fedepalma, Consejo Empresarial Colombiano para el Desarrollo Sostenible, Programa MIDAS-USAID.
- Field, C. B., Campbell, J. E., & Lobell, D. B. 2008. Biomass energy: the scale of the potential resource. *Trends in ecology & evolution*, 23 (2), 65-72. doi:10.1016/j.tree.2007.12.001
- Finlayson, C., & D'Cruz, R. 2005. In land water systems. In R. Hassan, R. Scholes, N. Ash (Eds.), *Ecosystems and human well-being: current state and trend*. Washington, D.C.: Island Press.
- Fischer, G., Velthuisen, H. van, Shah, M., & Nachtergaele, F. 2002. *Global Agro-ecological Assessment for Agriculture in the 21st Century*, International Institute for Applied Systems. Rome: Food and Agriculture Organization of United Nations.
- Fitzherbert, E. B., Struebig, M. J., Morel, A., Danielsen, F., Brühl, C. A., Donald, P. F., & Phalan, B. 2008. How will oil palm expansion affect biodiversity? *Trends in Ecology and Evolution*, 23 (10), 538-545.
- Friends of the Earth 2008. Declaración final del seminario internacional; Agrocombustibles como obstáculo a la construcción de soberanía alimentaria y energética. Amigos de la Tierra, Gobierno federal de Brasil. Sao Pablo. Disponible en: <http://www.tierra.org/spip/spip.php?article678>.
- Gao, Y., Skutsch, M., Drigo, R., Pacheco, P., & Masera, O. 2010. Assessing deforestation from biofuels: methodological challenges. *Applied Geography* 31, 508-518.
- Gasparatos, A., Stromberg, P., & Takeuchi, K. 2011. Biofuels, ecosystem services and human wellbeing: Putting biofuels in the ecosystem services narrative. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 142(3-4), 111-128.
- Gerbens-Leenes, P., Hoekstra, A., & Van der Meer, Th. 2008. The water footprint of bio-energy: global water use for bio-ethanol, biodiesel, heat and electricity. *Value of Water Research Report Series No. 34*. UNESCO-IHE.
- Goldemberg, J., & Guardabassi, P. 2009. Are biofuels a feasible option? *Energy Policy* 37, 10-14.
- Gordon, L., Dunlop, M., & Foran, B. 2003. Land cover change and water vapors flows: learning from Australia. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 358 (1440), 1973-1984.
- Griffiths, H. 2010. El aceite de palma "sostenible" impulsa la deforestación Cultivo de agrocombustibles, cultivo de agrocombustibles, el cambio indirecto del uso de la tierra y las emisiones (pp. 1-8). Brussels, Belgium: Friends of the Earth Europe.
- Groom, M. J., Gray, E. M., & Townsend, P. A. 2008. Biofuels and biodiversity: Principles for creating better policies for biofuel production. *Conservation Biology*, 22 (3), 602-609.

Gutiérrez-Vélez, V. H., DeFries, R., Pinedo-Vásquez, M., Uriarte, M., Padoch, C., Baethgen, W., Fernandes, K., et al. 2011. High-yield oil palm expansion spares land at the expense of forests in the Peruvian Amazon. *Environmental Research Letters*, 6(4), 044029. doi:10.1088/1748-9326/6/4/044029

Hoekstra, A. 2003. Virtual water trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, Delft, The Netherlands, 12-13 December 2002, Value of Water Research Report Series No.12. The Netherlands: IHE Delft.

Hoekstra, A., Chapagain, A., Aldaya, M., & Mekonnen, M. 2009. Water footprint manual – State of the art 2009. November 2009. Enschede, The Netherlands: Water Footprint Network.

IEA. 2006. Key World Energy Statistics. Disponible en: www.iea.org/textbase/nppdf/.../2006/key2006.

IEA. 2010. Sustainable Production of Second-Generation biofuels. Renewable Energy. Disponible en: www.oecd.org/dataoecd/17/12/44567743.pdf

IFPRI. 2011. Las implicaciones de género en las transacciones de tierra a gran escala. International Food Policy Research Institute. Disponible en: www.ifpri.org/es

IWMI. 2008. Agua para la alimentación Agua para la Vida. En D. Molden (Ed.), *Water Management*, Inglaterra. Disponible en: www.fao.org/nr/water/docs/CA_SUMMARY_ES.pdf

Kline, S., & Dale, V. 2008. Biofuels: Effects on Land and Fire, edited by Jennifer Sills. *Science*, 321, 199-200.

Koh, L. P., & Ghazoul, J. 2010. Spatially explicit scenario analysis for reconciling agricultural expansion, forest protection, and carbon conservation in Indonesia. *PNAS*.doi:10.1073/pnas.1000530107/-DCSupplemental. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1000530107

Koplow, D. 2006. Biofuels - at what cost? Government support for ethanol and biodiesel in the United States. Geneva, Switzerland: The Global Subsidies Initiative (GSI) of the International Institute for Sustainable Development (IISD) Disponible en: www.iisd.org/gsi/sites/default/files/brochure_-_us_update.pdf

Kretschmer, B., & Peterson, S. 2008. Integrating Bioenergy into Computable General Equilibrium Models: A Survey. Working Paper No. 1473, Kiel Institute for the World Economy.

León, T., Valbuena, S., Borrero, M. 2006. Palma de aceite, biodiversidad y tendencias de política: el caso de la Orinoquia colombiana. Informe final. Bogotá: Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, World Wildlife Fund.

Lienden, A., Gerbens-Leenes, P., Hoekstra, A., & Meer, T. van D. 2010. Biofuel scenarios in a water perspective: The global blue and green water footprint of road Transport in 2030. Holanda. Disponible en: www.waterfootprint.org/.../GerbensLeenes-Hoek.

Lorente, L., Salazar, A., Gallo, A. 1985. Distribución de la propiedad rural en Colombia 1960-1984. Bogotá: Ministerio de Agricultura, Corporación de Estudios Ganaderos y Agrícolas.

Lotze-Campen, H., Popp, A., Beringer, T., Müller, C., Bondeau, A., Rost, S., & Lucht, W. 2010. Scenarios of global bioenergy production: The trade-offs between agricultural expansion, intensification and trade. *Ecological Modelling*, 221 (18), 2188-2196. doi:10.1016/j.ecolmodel.2009.10.002

Machado, A. 1986. Políticas Agrarias en Colombia 1900 – 1960. Bogotá: Centro de Investigaciones para el Desarrollo, Universidad Nacional de Colombia.

Mandil, C., & Shihab-eldin, A. 2010. Assessment of Biofuels Potential and Limitations. Disponible en: www.ief.org/_.../biofuels-assessment.../ief-biofuel.

MEA. 2005. La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (Millennium Ecosystem Assessment). Disponible en: www.maweb.org

Molano, A. 2008. Parar la guerra. *El Espectador*, disponible en: <http://www.elespectador.com/opinion/columnistasdelimpreso/alfredo-molano-bravo/columna-parar-guerra>

Molano, A. 2009. Más claro no canta un gallo. *El Espectador*, disponible en: <http://www.elespectador.com/columna164708-mas-claro-no-canta-un-gallo>

- Molano, A. 2012. Paramilitarismo y palma en el Catatumbo. *El Espectador*, disponible en: <http://www.elespectador.com/impreso/judicial/articulo-330074-paramilitarismo-y-palma-el-catatumbo>
- Msangi, S., Mandy, E., & Rosegrant, M. 2010. Biofuels and Agricultural Growth: Challenges for Developing Agricultural Economics and Opportunities for Investment. In K. Madhu, J. Scheffran, D. Zilberban (Eds.), *Handbook of Bioenergy Economics and Policy*. New York: Springer.
- Murgas, C. 1999. Alianzas productivas y sociales para sembrar la paz. Bogotá: Dirección General de Desarrollo Regional, Ministerio de Agricultura.
- OECD-FAO. 2011. *Agricultural Outlook 2011-2020*. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/newsroom/docs/Outlookflyer.pdf
- OFID-IIASA. 2009. *Biofuels and Food Security*. Vienna, Austria. Disponible en: www.iiasa.ac.at/.../OFID_IIASAPam_38_bio.pdf
- Olmos, A. 2012. Caracterización de conflictos ambientales asociados a la oferta y regulación hídrica, por cultivos de palma africana en la zona oriental Colombiana. Universidad Nacional de Colombia. Tesis en desarrollo.
- Overmars, K., Stehfest, E., Ros, J., & Prins, A. G. 2011. Indirect land use change emissions related to EU biofuel consumption: an analysis based on historical data. *Environmental Science & Policy*, 14, 248-257. doi:10.1016/j.envsci.2010.12.012
- OXFAM 2012. La peligrosa carrera mundial por la tierra. Disponible en: <http://www.corporacionpba.org/portal/novevades/la-peligrosa-carrera-mundial-por-la-tierra>.
- Paruelo, J. M., & Guerschman, J. P. 2005. Expansión agrícola y cambios en el uso del suelo, 14-23. Disponible en: www.agro.uba.ar/users/veron/publications.htm
- Pérez, M. 2010. Dinámica del sector palmero en Colombia y la región del Sur de Bolívar: análisis de sus conflictos ambientales. Cali: Universidad del Valle, Instituto Cinara. Disponible en: Seminarioambienteycultura.blgoo.com.co/.../Perez_Mario_2010_b.
- Roa, A., & Toloza, J. 2008. Dinámicas de una resistencia cantada. En CENSAT, Agua Viva. (Ed.), *Llenando Tanques, Vacinando Territorios* (pp. 181-191). Bogotá: CENSAT-PCN-ECOFONDO.
- Rosegrant, M., Cai, X., & Cline, S. 2002. *World water and food to 2025. Dealing with scarcity*. Washington, D.C. Disponible en: www.ifpri.org/pubs/books/water2025/water2025.pdf
- Salgado, C. 2010. Procesos de desvalorización del campesinado y antidemocracia en el campo colombiano. En J. Forero (Ed.), *El campesinado colombiano entre el protagonismo económico y el desconocimiento de la sociedad* (pp.15-30). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Salinas, Y. 2011. Dinámicas en el mercado de la tierra en Colombia. Documento elaborado para la Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.
- Sánchez, F., Fazio, A., López, M. 2007. Conflictos de tierras, derechos de propiedad y el surgimiento de la economía exportadora en el siglo XIX en Colombia. Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico CEDE, documento No. 18. Bogotá: Universidad de Los Andes, Facultad de Economía, Ediciones Uniandes.
- Scarlat, N., & Dallemand, J. 2011. Recent developments of biofuels/bioenergy sustainability certification: A global overview. *Energy Policy*, 39(3), 1630-1646. doi:10.1016/j.enpol.2010.12.039
- Schlesinger, S. 2010. Caña de Azúcar y el cambio de uso de la tierra en Brasil. Cultivo de agrocombustibles, el cambio indirecto del uso de la tierra y las emisiones. Brussels, Belgium: Friends of the Earth Europe.
- Searchinger, T., Heimlich, R., Houghton, R. A., Dong, F., Elobeid, A., Fabiosa, J., Tokgoz, S., et al. 2008. Emissions from Land-Use Change. *Science*, 319 (February), 1238-1240.
- Seeboldt, S., & Salinas, Y. 2010. Responsabilidad y sostenibilidad de la industria de la palma. Bogotá: Oxfam Novib, Indepaz.
- Sheil, D., Casson, A., Meijaard, E., Nordwijk, V., Gaskell, J., & J. Sunderland- Groves. 2009.

The impacts and opportunities of oil palm in Southeast Asia: What do we know and what do we need to know? Bogor, Indonesia: CIFOR.

Siebert, S., Burke, J., Faures, J. M., Frenken, K., Hoogeveen, J., Döll, P., & Portmann, F. T. 2010. Groundwater use for irrigation – a global inventory. *Hydrology and Earth System Sciences*, 14(10), 1863-1880. doi:10.5194/hess-14-1863-2010

Steenblik, R. 2007. Biofuels – at what cost? Government support for ethanol and biodiesel in selected OECD countries. Geneva, Switzerland: The Global Subsidies Initiative (GSI) of the International Institute for Sustainable Development (IISD). Disponible en: www.iisd.org/gsi/sites/default/.../oecdbiofuels.pdf

Timilsina, G. R., & Shrestha, A. 2011. How much hope should we have for biofuels? *Energy*, 36(4), 2055-2069. Elsevier Ltd. doi:10.1016/j.energy.2010.08.023

Tirado, M., Cohen, M., Aberman, N., Meerman, J., & Thompson, B. 2010. Addressing the challenges of climate change and biofuel production for food and nutrition security. *Food Research International*, 43 (7), 1729-1744. Elsevier Ltd. doi:10.1016/j.foodres.2010.03.010

Vermeulen, S., & Goad, N. 2006. Towards better practice in smallholder palm oil production. Londres. Disponible en: www.fao.org/.../06_IIED_-_Towards_better_pra.

Wilcove, D., Koh, L. 2010. Addressing the threats to biodiversity from oil-palm agriculture. *Biodiversity and Conservation* 19, 999-1007.

