

Producción de agroenergía a partir de biomasa en sistemas agroforestales integrados: una alternativa para lograr la seguridad alimentaria y la protección ambiental

Agroenergy production from biomass in integrated agroforestry systems: an alternative to achieve food security and environmental protection

J. Suárez y G. J. Martín

Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey"

Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba

E-mail: jesus.suarez@indio.atenas.inf.cu

Resumen

El objetivo del presente artículo es ofrecer consideraciones acerca de la producción de agroenergía a partir de la biomasa en sistemas agroforestales integrados. En la actualidad a nivel global, marcado por un conjunto de peligros que amenazan la existencia de la especie humana, existe un reto principalmente en el contexto rural: ¿cómo hacer coexistir la agroenergía, la seguridad alimentaria y la protección del medio ambiente?, en presencia de cambios climáticos, degradación ambiental, crisis alimentarias y la creciente contradicción biocombustibles *vs* alimentos, generada por una insensata política para obtener agrocombustibles de primera generación a partir de grandes extensiones de monocultivos alimentarios, lo que es moralmente rechazable. También los biocombustibles son considerados como una alternativa ecológica a los combustibles fósiles, por su capacidad de reducción en la emisión de gases de efecto invernadero y por promover el desarrollo de comunidades rurales en los países del Sur; ello se potencia en los sistemas agroforestales integrados, en los que se pueden producir biocombustibles, tanto de primera como de segunda generación, sobre todo con la aplicación del concepto de biorrefinería que posibilita convertir la biomasa en múltiples productos, cuyo valor agregado total puede ser mayor que el generado por los combustibles fósiles. A este propósito contribuyen los proyectos internacionales, que promueven la producción integrada y sostenible de alimentos y energía en el contexto de sistemas agroforestales integrados, a escala local. Los autores consideran que la ejecución de proyectos y experiencias sobre agroenergía tiene el propósito principal de lograr la sostenibilidad energética y la seguridad alimentaria a escala local, en el medio rural, teniendo en cuenta la protección del ambiente.

Palabras clave: Agroenergía, biomasa, sistemas agroforestales

Abstract

The objective of this paper is to offer considerations about agroenergy production from biomass in integrated agroforestry systems. At present, worldwide, marked by a group of hazards that threaten human existence, there is a challenge mainly in the rural context: how can the coexistence of agroenergy, food security and environmental protection be achieved?, in the presence of climate changes, environmental degradation, food crises and the growing biofuels *vs* food contradiction, generated by a senseless policy for obtaining first-generation agrofuels from large extensions of food monocrops, which is morally rejectable. Biofuels are also considered an ecological alternative to fossil fuels, because of their reduction capacity in the emission of

greenhouse gasses and because they promote the development of rural communities in southern countries; this is enhanced in integrated agroforestry systems, in which biofuels, of first as well as second generation, can be produced, especially with the application of the concept of biorefinery which allows converting biomass into many products, which total added value can be higher than the one generated by fossil fuels. International projects, which promote integrated and sustainable food and energy production in the context of agroforestry integrated systems, at local scale, contribute to this purpose. The authors consider that the execution of projects and experiences about agroenergy has the main objective of achieving energetic sustainability and food security at local scale, in rural areas, taking into account environmental protection.

Key words: Agroenergy, agroforestry systems, biomass

Introducción

Cuando se tratan las fuentes renovables de energía en el medio rural es inevitable no abordar la agroenergía o bioenergía, los biocombustibles, la inseguridad alimentaria y el cambio climático, temas de gran importancia y muy controvertidos. Por esta razón, la reunión combinada del Grupo de Expertos sobre Política bioenergética, mercados, comercio y seguridad alimentaria, y Perspectivas mundiales de la seguridad alimentaria y de los combustibles (FAO, 2008a), se centró en la situación actual y en las perspectivas futuras de los biocombustibles, e identificó sectores de acción prioritaria que abordan los efectos del cambio climático y la producción de biocombustibles en la seguridad alimentaria; además se determinaron las posibles oportunidades que presenta dicha producción para el desarrollo agrícola y rural.

Por otra parte, el crecimiento notable de la población mundial a partir de 1950 y las expectativas de un nivel de vida más alto son dos de los principales aspectos que impulsan la demanda creciente de productos agrícolas (FAO, 2009a), lo que impone una presión creciente sobre los recursos naturales, como la tierra, el agua, los bosques naturales y la biodiversidad. Al mismo tiempo, la industrialización, la comercialización y la globalización de la actividad económica han aumentado la presión sobre los recursos naturales, ya que tradicionalmente dichos recursos y los servicios del ecosistema han sido infravalorados o depreciados por el mercado y, en consecuencia, utilizados excesivamente. Asimismo, el cambio climático y la ampliación de la producción de biocombustibles como posible fuente de energía limpia someten las bases de recursos naturales de la Tierra a una presión adicional considerable (FAO, 2009b).

Según la Agencia Internacional de Energía, la dependencia de energía basada en combustibles fósiles no es sostenible, tanto en términos de seguridad del suministro como de efectos ambientales (FAO, 2008b). La agroenergía dispone del potencial para contribuir a satisfacer, al menos en parte, la creciente demanda energética; en las hipótesis tecnológicas previsibles, se reconoce que la cantidad de biomasa necesaria para producir biocombustibles puede suministrar sólo una fracción de lo que actualmente se obtiene de los combustibles fósiles. No obstante, la producción de bioenergía afecta considerablemente los mercados y el comercio de productos básicos, y la evolución de la tecnología puede alterar el alcance y la naturaleza de estos efectos.

En este sentido, ello exige el desarrollo de nuevos conocimientos y políticas que promuevan el acceso de las personas a la energía mediante la agroenergía, pero logrando una seguridad alimentaria sin afectaciones al medio ambiente; por tanto, las iniciativas que se desarrollen pueden ofrecer nuevas oportunidades a las comunidades rurales. Una de ellas es la producción de agroenergía a partir de la biomasa en sistemas agroforestales integrados, que permita compatibilizar la seguridad alimentaria y la protección ambiental; en 2007, la biomasa se utilizó para satisfacer alrededor del 10% de la demanda mundial de energía primaria (FAO, 2008c). De ahí que el objetivo de este artículo es ofrecer consideraciones acerca de la producción de agroenergía a partir de la biomasa en sistemas agroforestales integrados.

La situación global actual: ¿cómo hacer coexistir la agroenergía, la seguridad alimentaria y la protección del medio ambiente?

La situación global actual está marcada por un conjunto de peligros que amenazan la existencia de la especie humana, tales como los siguientes:

- Declive de los recursos no renovables: combustibles fósiles, aguas subterráneas, suelos, minerales y biodiversidad.
- Deterioro ambiental, debido a la contaminación y al recalentamiento global. Los países más desarrollados aportan el 46,2% de las emisiones globales de CO₂.¹
- Incrementos de la población mundial y de la demanda de productos agrícolas y pecuarios.
- Los subsidios a los productores (pero de los países más ricos).
- Nuevas crisis energética, alimentaria y financiera.
- El 85% de la energía mundial se produce a partir de combustibles fósiles; tal es así que el actual consumo mundial es de 85 millones de barriles diarios, lo que resulta insostenible.
- Estados Unidos consume el 26% del petróleo que se extrae en el planeta; mientras que el consumo de energía de la Unión Europea se basa también en combustibles fósiles (79%).

En la actualidad 1,6 billones de personas en el planeta aún no tienen acceso a la electricidad y más de dos billones dependen, a diario, de la biomasa para cocinar sus alimentos y calentarse, lo cual genera un considerable impacto ambiental, ya que una alta proporción de esta biomasa —leña y carbón— provoca la deforestación de los bosques; además, menos del 5% de los bosques tropicales son manejados sosteniblemente (World Bank, 2008). A esta crítica situación se añade que, según estimaciones de la FAO, cada año 113 millones de hectáreas de bosques son convertidos en áreas agrícolas, principalmente en los trópicos. Este proceso de pérdida de bosques y la combustión incompleta de la biomasa tienen una notable contribución en el cambio climático, el cual ya existe y no es posible evitarlo, sino mitigarlo de una manera eficaz y ambientalmente razonable.

Asimismo, globalmente se sufre una crisis alimentaria notable; tal es así que 1 000 millones de personas padecen hambre (Castro, 2007), lo cual se acrecienta, ya que la crisis financiera la está desplazando en el debate gubernamental y público, y esto constituye una amenaza para resolverla (Afonso, 2009). Asimismo la creciente crisis alimentaria ha sido propiciada, en parte, por una insensata política para obtener biocombustibles —también denominados agrocombustibles— de primera generación a partir de grandes extensiones de monocultivos alimentarios y grandes empresas, pero creando la gran contradicción biocombustibles vs alimentos.

Estos biocombustibles líquidos son promovidos por un creciente negocio basado en convenios entre compañías agrícolas y petroleras, productores de automóviles y centros de biotecnología, con billones de dólares invertidos en una irrefrenable industria, en la que países pobres convierten sus tierras en monocultivos y se preparan sistemas de transporte que acerquen esos combustibles al Primer Mundo. Esta política ha generado un notable incremento de los precios de los alimentos y, en numerosas ocasiones, hambre, pobreza, degradación ambiental y pérdida de la biodiversidad —Indonesia y sus 6,5 millones de hectáreas de monocultivos de palma aceitera es un triste ejemplo.

Este aumento récord de los precios de los alimentos es generado por el rápido crecimiento de la demanda de materias primas para biocombustibles, lo que ha tenido efectos sobre otros productos básicos. La inflación de los precios de los alimentos es especialmente problemática en los países en desarrollo con considerables compras de alimentos, cuya factura de importaciones aumentó un 10% de 2005 a 2006 y una proporción de 33% de 2006 a 2007 (FAO, 2008b). Los autores de este artículo consideran que utilizar alimentos para producir biocombustibles es moralmente rechazable, mientras una parte muy considerable de la población mundial pasa hambre y desnutrición.

¹ India y China generan 1,1 y 3,5 toneladas de CO₂ por persona; mientras que EUA, Canadá, Alemania, Gran Bretaña y Japón presentan 20,2; 16,5; 9,8, 9,6 y 9,4 t, respectivamente, y la OECD 1,3 t (Preston, 2007).

²En el África subsahariana, el 90 y el 70% de la energía doméstica y total, provienen de la leña y el carbón.

Por otra parte, los biocombustibles son considerados por gobiernos e instituciones internacionales como una alternativa ecológica a los combustibles fósiles, por su capacidad de reducción en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) —aspecto muy controvertido, con defensores y detractores—, además de promover el desarrollo de comunidades rurales en países del Sur, que son las zonas productoras. Uno de los defensores de la producción sostenible de biocombustibles líquidos es el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, 2007) y el Programa Bioenergía y Seguridad Alimentaria (FAO, 2008d), que promueve el desarrollo de normas sostenibles y, en este sentido, organizó en 2007 una mesa redonda internacional sobre *Jatropha curcas*, una planta arbórea no comestible apropiada para estos fines.

La producción mundial de biocombustibles líquidos es estimada en más de 35 billones de litros (European Commission, 2006), de la que el bioetanol abarca más del 90%. En cuanto al biodiesel, la producción global en el 2005 alcanzó 3 500 millones de litros (Preston, 2007), liderada por la UE (43%), y se destacaron Alemania (mayor consumidor), Italia y Francia; también resaltan los Estados Unidos de América y Brasil (abarcan el 12% mundial). Similar tendencia poseen la producción y el comercio de *pellets*, briquetas y otros tipos de biomasa sólida para la combustión, cuyos proveedores se concentran en América del Norte y Europa Occidental, donde existe el mayor mercado.

Agricultura y cambio climático: sus interacciones

En la actualidad, la agricultura y el cambio climático están muy interrelacionados, a criterios de Nelson (2009), debido a varias razones clave:

- El cambio climático tiene (y tendrá mucho más), grandes efectos negativos en la agricultura.
- La agricultura puede ayudar a mitigarlo, ya que hoy contribuye con el 14% de las emisiones anuales de GEI —sobre todo la ganadería—, así como con el 19% de los cambios en el uso de las tierras, incluida la pérdida de bosques.
- Los productores agrícolas del Tercer Mundo necesitan ayuda para adaptarse al cambio climático.

En este sentido, la agricultura y los cambios en el uso de las tierras, como la deforestación, contribuyen al 13 y 17%, respectivamente, de las emisiones totales de GEI; además, si bien las emisiones de dióxido de carbono procedentes de la agricultura son reducidas, las emisiones del sector representan el 60% de todo el óxido nitroso (N₂O), por el uso de fertilizantes, y alrededor del 50% del metano (CH₄), proveniente principalmente de humedales naturales y cultivados y de la fermentación entérica (FAO, 2008b). Esta organización prevé que las emisiones de metano y óxido nitroso aumenten en un 35-60% para 2030, impulsadas por el creciente uso de fertilizantes nitrogenados y el aumento de la producción ganadera en respuesta a la demanda cada vez mayor de alimentos.

Sin embargo, la agricultura y las actividades forestales disponen, en principio, de un potencial considerable de mitigación de GEI. El Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático estima que el potencial técnico mundial de mitigación correspondiente a la agricultura (excluido el sector forestal) oscilará entre 5 500 y 6 000 Mt equivalente de CO₂ al año para 2030, del cual el 89% derivará de la retención del carbono en los suelos (Metz *et al.*, 2005).

Asimismo, para mitigar el cambio climático es clave solucionar el problema energético, a partir de la descarbonización del suministro de energía, mediante cuatro opciones, no excluyentes (Nestle, 2008): la energía nuclear, la eficiencia energética, la captura y secuestro de carbono y las fuentes renovables de energía; en ello desempeñan un papel clave los sistemas agroforestales integrados.

La mitigación es un objetivo político del desarrollo de la agroenergía en muchos países. Al respecto, la FAO (2008c) considera que los sistemas que emplean desechos orgánicos y residuos agrícolas y forestales, así como la plantación de especies perennes para la generación de energía en tierras degradadas, ofrecen un alto potencial de reducción de las emisiones de GEI.

³Según Preston (2007), las previsiones de la producción de etanol para el año 2020 alcanzarán los 120 billones de litros, de los cuales EUA, Canadá y la UE producirán el 56% de la producción global para ese año.

En el caso de las emisiones de GEI a partir de la agroenergía, un apropiado balance de estas depende del efectivo uso de los coproductos⁴ de los procesos de conversión y procesamiento de la agroenergía, según criterios del World Wide Fund for Nature (WWF, 2006), con lo cual pueden ser minimizadas tanto las emisiones de estos gases, como la erosión y degradación de los suelos. Un ejemplo es Brasil, donde en la caña de azúcar la relación entre la energía renovable producida y la energía fósil utilizada fue de 8,9 para el bioetanol, cerca de cinco veces mejor que en el caso del maíz; asimismo, el bioetanol genera emisiones de GEI casi cuatro veces menores que las producidas por el fabricado a partir de cereales (Anónimo, 2009).

Tendencias y experiencias actuales en el desarrollo de la agroenergía a nivel global

La FAO (2008b) identificó un conjunto de tendencias que muestran la actual comprensión del contexto que vincula los biocombustibles, el cambio climático y la seguridad alimentaria, las cuales son las siguientes:

- La aceleración de las inversiones en biocombustibles se contrapone a los cambios en los sectores rurales de los países en desarrollo que están impulsados por la integración comercial y el rápido aumento de los precios alimentarios, que se prevé continuarán ascendiendo (30-50%) por encima de los niveles de equilibrio precedentes.
- Actualmente, la ampliación de la producción de biocombustibles está impulsada por las medidas de política adoptadas para promover los ingresos de los agricultores, la seguridad energética, la mitigación del cambio climático y el desarrollo rural, sobre todo en los países desarrollados.
- El aumento de los costos, tanto de los alimentos como del petróleo (que supera los 80 USD/ barril, e incluso ha llegado a más de 130 USD), está causando dificultades financieras a las familias pobres. En particular, la mayoría de los países designados por la FAO como países que padecen inseguridad alimentaria son también importadores netos de alimentos y de petróleo.
- La creciente atención al cambio climático, las emisiones de GEI, los cambios en la utilización de las tierras y las cuestiones ambientales conexas, se han centrado en si los biocombustibles representan una solución a estos problemas o más bien están agravándolos ⁵.
- El aumento del precio del petróleo contribuye a aumentar los costos de los productos básicos, sobre todo de los alimentos; además, según se incrementa el precio del petróleo, resulta más rentable para los productores de biocombustibles ampliar su producción y pagar más por las materias primas agrícolas, lo que genera una competencia que hace aumentar sus precios e, indirectamente, los de los alimentos, y por ello aumentan sus costos para los consumidores.

En cuanto a las experiencias, aunque las fuentes para producir agroenergía son diversas y en ellas se incluyen la digestión anaeróbica para la producción de biogás, la gasificación y la pirolisis de biomasa para la producción de electricidad, leña y carbón vegetal, entre otras, las alternativas tecnológicas más tratadas, en la actualidad, son las asociadas a los biocombustibles líquidos.

Existe una “primera generación” de biocombustibles, producidos con aceites a partir de vegetales y grasas animales, como el bioetanol y el biodiesel. El bioetanol ha basado su producción a partir de la caña de azúcar —específicamente de su melaza o directamente de su jugo—, mediante la fermentación y posterior destilación, en los países tropicales; y a partir del maíz y otras amiláceas, con un proceso similar pero antecedido por una hidrólisis, en los países templados. Recientemente se desarrollan experiencias con otras plantas, como en la India donde se han generado variedades de sorgo dulce, con alto contenido de sacarosa y adaptadas a zonas áridas y semiáridas, para producir bioetanol; mientras que en Tailandia, China y Colombia se inicia la utilización de la yuca.

En cuanto a su competitividad, la producción de algunos biocombustibles, especialmente el bioetanol, es más competitiva en la industria a gran escala, debido al alto costo de la inversión relacionada con el proceso

⁴El término ‘coproducto’ es preferido al de ‘subproducto’, pues en ocasiones los coproductos tienen un mayor valor que el producto final. Ejemplos de coproductos en la producción de biodiesel son las tortas de prensado y las cáscaras, y los efluentes de la producción de biogás como alimento animal y biofertilizantes.

⁵En este aspecto son clave los análisis del ciclo de vida y de impacto ambiental.

de elaboración (FAO, 2008c). Sin embargo, se han desarrollado experiencias positivas en minidestilerías para la producción de bioetanol a partir de la caña de azúcar en Brasil, y de yuca en Colombia, promovida por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (Ospina, 2009).

El biodiesel utiliza como materia prima los aceites de cultivos convencionales, como la soya (rendimientos promedio en aceite de 420 L/ha), el girasol (890) y la colza (1 100), en países templados, y la palma aceitera africana (5 500 L/ha) en los trópicos húmedos, además de las grasas animales, mediante el proceso de transesterificación. Sin embargo, en los últimos años está ganando un importante espacio el uso de plantas arbóreas tropicales, por ejemplo *J. curcas* y *Ricinus communis* (ambas Euforbiáceas) como fuentes de aceite no comestible para producir biodiesel (1 600 y 1 320 L/ha, superiores a los mencionados anteriormente, excepto la palma africana), en Brasil, India, China, Colombia, Guatemala, República Dominicana y México.

Las consecuencias sociales del desarrollo de los biocombustibles dependen de la materia básica y del sistema de producción (FAO, 2008c). Si resultan económicamente viables⁶, el cultivo a pequeña escala de plantas como *Jatropha* y la utilización del biocombustible en la explotación o en la comunidad pueden revitalizar las economías rurales, mediante la mecanización, la irrigación y la descentralización del suministro energético; además, la producción de biodiesel genera subproductos, como glicerina, alimento animal, abonos y bioproductos para la sanidad vegetal y animal.

Un ejemplo de la utilidad de la agroenergía en el Tercer Mundo es plasmado en el proyecto “Policy Innovation Systems for Clean Energy Security”, que aprecia la agroenergía como un componente de la amplia cadena de valor rural y considera que lograr la eficiencia de los recursos naturales es posible en iniciativas a pequeña escala (Practical Action Consulting, 2009). Dicho proyecto brinda los resultados de estudios de caso en países de Asia, América Latina y África, dentro de los que se destacan:

- El aceite crudo de *Jatropha* para producir electricidad en poblados rurales de Mali y la India.
- El biodiesel de *Jatropha* para alimentar bombas de agua y el uso de los coproductos —las tortas de prensado y el glicerol— como fertilizantes y alimento animal para vacunos y aves (India).
- La producción de biodiesel en 170 ha de *Jatropha*, por una cooperativa de 150 familias en Guatemala, con rendimientos de 2 123 L/ha-año⁷. Otra experiencia de producción cooperativa con esta planta se realiza en aldeas de Tailandia, con cero residuos.
- La producción de briquetas a partir del polvo del carbón vegetal en comunidades de Senegal.
- Cocinas de etanol producido con la caña de azúcar, en Etiopía.
- La utilización del biogás producido a partir de residuos de sisal en aldeas de Tanzania, para la cocción y la producción de electricidad y fertilizantes.
- La producción sostenible de biodiesel a partir del aceite de palma, en 4 400 ha en Tanzania.
- La notable experiencia con el biogás en pequeños productores agrícolas en Viet Nam.
- La producción de briquetas en Kenia y Senegal, a partir de plantas herbáceas invasoras.
- Las microdestilerías de bioetanol a partir de la caña de azúcar en Minas Gerais, Brasil.
- El reciclaje de aceites vegetales utilizados por restaurantes y supermercados en Lima, Perú.

En los últimos años se han realizado desarrollos tecnológicos que están originando una “segunda generación” de biocombustibles líquidos, a partir de los residuos lignocelulósicos (RLC)⁸, aceites de algas y la combustión de la pirólisis de la biomasa. Referente a los RLC para la producción de etanol se realizan

⁶Su dimensión socioeconómica es posible mediante el fomento de la innovación y mejora de la productividad, el intercalamiento con cultivos, la diversificación productiva, la utilización de coproductos y la agregación de valor.

⁷El Ministerio de Agricultura de Guatemala identificó 600 000 ha apropiadas para el cultivo de esta planta.

investigaciones, sobre todo en los EE.UU, Brasil, Dinamarca, Suecia, España, México y Cuba (Universidad de Matanzas). En esta estrategia desempeña un papel clave el concepto de biorrefinería para maximizar el valor de la agroenergía, que está basado en la transformación de todos los componentes en productos útiles, como lo hace una refinería de petróleo, y mediante el cual se busca maximizar las ventajas y el aprovechamiento de los productos intermedios, con lo que se añade valor; por ejemplo, en la producción de bioetanol a partir de RLC se pueden obtener, además, otros productos de alto valor agregado, como prebióticos, antioxidantes, antimicrobianos, lignina (combustible sólido, valor calórico 10 500 KJ/kg), levadura residual y biogás, entre otros.

Con este concepto es posible formular las preguntas siguientes: 1) ¿la producción de energía, combustibles y químicos, basada en el cultivo y procesamiento de plantas, puede competir con la producción basada en combustibles fósiles?; 2) ¿lo adecuado es producir sólo energía o también productos químicos de alto valor?; 3) ¿qué es lo más factible para ello: operar a pequeña o a gran escala?, y 4) ¿cuáles serían los criterios de sostenibilidad más adecuados?

El concepto de biorrefinería posibilita convertir la biomasa en múltiples productos: bioenergía, bioquímicos, bioalimentos y biomateriales, cuyo valor agregado total puede ser mayor que el generado por los combustibles fósiles. En cuanto a la escala de producción, la pequeña posee ventajas, tales como la disminución del transporte de productos (una parte considerable de los insumos se genera en las explotaciones agrícolas, y los productos intermedios y finales se insumen en estas); reducidos ciclos de reciclaje, al aprovechar los residuos en estas explotaciones; así como la integración del flujo energético, la fuerza laboral y la estructura organizativa en el marco de la cadena productiva, entre otras. Al respecto, puede surgir una interrogante: ¿Y las ventajas de las economías de escala? Ello es aplicado a los procesos de manufactura, pero no ocurre así en los procesos biológicos.

Asimismo, para desarrollar todo el potencial de la agroenergía, el crecimiento debe gestionarse de manera sostenible para cumplir los requisitos de las dimensiones económica, social y medioambiental de la sostenibilidad. Referente a los criterios de sostenibilidad más adecuados, este es un tema muy estudiado y debatido en la actualidad, tanto en el sector científico y académico, y en las ONG's vinculadas con el ambiente, como en los organismos de las Naciones Unidas —se destaca la labor del PNUMA/UNEP—y aún no se considera que se haya llegado a sólidas conclusiones; por tanto, este es un aspecto que necesita ser atendido.

Opciones políticas mundiales en materia de agroenergía

Actualmente, la FAO (2008c) considera que existen tres opciones políticas muy debatidas asociadas a la agroenergía. La primera opción es seguir como hasta ahora, donde todos los países establecerían los marcos políticos, considerando las implicaciones internacionales de las decisiones políticas sólo cuando éstas sean compatibles con las prioridades nacionales; este enfoque podría poner en marcha algunas garantías para mitigar los efectos negativos del crecimiento de los biocombustibles, mediante la concertación de los esfuerzos nacionales, si bien no puede abordar plenamente las cuestiones con repercusiones mundiales, como los impactos negativos en la seguridad alimentaria y el medio ambiente. Si tales impactos negativos siguen aumentando, es posible que se cree una corriente duradera de opinión pública hostil contra los biocombustibles, lo que eliminaría un mercado con un potencial real para alcanzar los objetivos económicos, ambientales y sociales.

La segunda opción política es la “moratoria”, que implica una prohibición temporal de la producción de biocombustibles, mundial y específica a las materias básicas, con el fin de dar el tiempo necesario para que se conciben las tecnologías y se introduzcan estructuras de reglamentación; esta ha sido solicitada por el Relator Especial sobre el Derecho a la Alimentación de la ONU, por cinco años, para evitar los efectos negativos de índole ambiental, social y humana, y ha recomendado que se adopten medidas durante la moratoria para garantizar que la producción de biocombustibles tenga consecuencias positivas y respete el derecho a una alimentación adecuada, así como incluya la reducción del consumo de energía, la eficiencia energética, el

⁸Por ejemplo, paja y bagazo de caña de azúcar, residuos de cosechas vegetales y de aserraderos de madera.

cambio inmediato a las tecnologías de segunda generación y la protección de los agricultores que padecen la inseguridad alimentaria.

La FAO (2008c) considera que tal moratoria mundial podría no ser lo suficientemente diferenciada y, de hecho, permitiría tan sólo posponer la necesaria búsqueda de mejores tecnologías y apropiadas soluciones de reglamentación; señala además que el cambio inmediato y brusco a los biocombustibles de segunda generación podría ser poco realista, debido a la falta de potencial de inversión en casi todos los países en desarrollo y a la falta de experiencia con esta generación. En cambio, la moratoria podría impedir o disuadir a algunos países de participar en el proceso de aprendizaje global asociado a los biocombustibles y provocar que las inversiones cesen abruptamente y desaparezca el interés por la investigación y el desarrollo, así como no representaría una solución justa para las complejidades nacionales y locales de la relación entre bioenergía y seguridad alimentaria. De acuerdo con dicha organización, esta opción parece demasiado rígida para aprovechar los avances dinámicos y los efectos potencialmente positivos para el desarrollo rural, el cambio climático y la seguridad alimentaria; además, retrasaría o evitaría la necesaria búsqueda de innovación tecnológica y el desarrollo de conocimientos.

La tercera opción es desarrollar un consenso intergubernamental internacional sobre biocombustibles sostenibles, que asume que son necesarias las medidas políticas nacionales y el consenso en el sector industrial, así como dar respuestas a los retos de la mitigación del cambio climático, la conservación de la biodiversidad y la seguridad alimentaria, relacionados con la provisión de bienes y servicios medioambientales mundiales que no se pueden garantizar únicamente en el ámbito nacional; asimismo, es recomendable un enfoque acordado internacionalmente, ya que la demanda de biocombustibles se concentra en los países desarrollados y el potencial de suministro se encuentra en los países en desarrollo.

Con el propósito de crear un consenso internacional sobre biocombustibles sostenibles y respetuosos de la seguridad alimentaria, los gobiernos podrían aplicar instrumentos internacionales que son de relevancia para la agroenergía, la seguridad alimentaria y la sostenibilidad, tales como:

- La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, de 1992, apoya la agroenergía, ya que la considera una de las “medidas de precaución para prever, prevenir o reducir al mínimo las causas del cambio climático y mitigar sus efectos adversos”.
- El Protocolo de Kyoto, de 1997, reconoce la importancia de la contribución de la energía renovable a la mitigación del cambio climático. El mecanismo para un desarrollo limpio (MDL), que se estableció en virtud del Protocolo, busca atraer financiación internacional relativa al carbono y destinarla a los proyectos de bioenergía, para ayudar a los países en desarrollo a lograr el desarrollo sostenible y permitir que los países industrializados cumplan con sus objetivos de reducción de las emisiones, a lo cual se comprometieron.
- El Convenio sobre la Diversidad Biológica, de 1992, es relevante para el desarrollo sostenible de la agroenergía, pues sus partes se comprometen a conservar la biodiversidad.
- El Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura tiene el objetivo de promover la conservación y la utilización sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura, así como la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de su utilización.
- La Convención de Lucha contra la Desertificación, de 1992, obliga a las partes al aumento de la productividad de las tierras, la rehabilitación, la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos de tierras e hídricos, para mejorar las condiciones de vida rural; así como persigue la reducción de la pobreza y la participación de las comunidades locales.
- El Acuerdo General sobre Comercio y Aranceles (GATT), de 1994, rige para todo el comercio, con inclusión del comercio de bienes relacionado con los biocombustibles, y obliga a los países a fomentar un régimen comercial libre mediante el descenso de los aranceles en cada ronda de negociaciones comerciales internacionales.

¿Cuál es el enfoque que se debe seguir con la utilización de sistemas agroforestales integrados?

Sobre la base de una visión holística y sistémica, lo primero es asumir la necesidad de adaptar estos sistemas a los recursos disponibles y utilizar las ventajas comparativas de los cultivos tropicales, incluidos los árboles y arbustos, criterios que defiende Preston (2007), para promover un cambio hacia sistemas más pequeños y autosustentables, en los que se integre la producción de alimentos, energía y materiales de construcción, y lograr un aumento de la resiliencia de los agroecosistemas.

Considerando este enfoque, las consecuencias de la producción de alimentos y de materias primas para la agroenergía en la erosión de los suelos dependen, en gran medida, de las técnicas agrícolas empleadas, especialmente las prácticas de labranza, la cobertura del suelo y la rotación de los cultivos. En los lugares en que se emplean materias básicas perennes para la producción de agroenergía en vez de cultivos anuales, la cobertura permanente y la formación de las raíces, así como la plantación directa, la rotación, el intercalamiento y la diversificación de cultivos alimenticios, ayudan a mejorar la gestión del suelo y a reducir su erosión.

Esta adopción de buenas prácticas agrícolas, a criterios de la FAO (2008c), también puede reducir la amenaza a la biodiversidad, especialmente en el suelo; además, los hábitats silvestres se pueden mejorar mediante la introducción de enfoques paisajísticos en las zonas agrícolas y el mantenimiento de los pasillos ecológicos, así como a través de la utilización sostenible de fuentes de biomasa de mucha biodiversidad como materias básicas, por ejemplo los pastizales.

La promoción de sistemas locales de producción de alimentos y energía, mediante la combinación de producciones de materias básicas y cultivos y la alimentación del ganado con la biomasa que no se utiliza para la producción de energía o la cobertura del suelo, puede evitar las pérdidas y hacer que aumente la productividad general del sistema de generación de alimentos y energía.

La producción de biocombustibles debe estar orientada hacia un desarrollo local sostenible, que favorezca tanto la inclusión de pequeños agricultores, al tiempo que se organicen en cooperativas para procesar y comercializar la materia prima bioenergética, como la agregación de valor a los productos, además de maximizar las oportunidades derivadas de la producción de agroenergía y minimizar los riesgos de afectar negativamente la seguridad alimentaria y el medio ambiente.

Todo ello exige invertir en investigación e innovación tecnológica, aspecto fundamental para lograr la seguridad alimentaria y de combustibles a largo plazo, lo cual requiere que se realicen nuevas e importantes inversiones en programas de investigación y desarrollo, que puedan contribuir a mejorar la eficiencia técnica y determinar las estrategias y oportunidades para hacer frente a situaciones de escasez y adaptarse al cambio climático. Para este propósito, la FAO (2008c; 2008d) considera que los objetivos deberían ser:

- Desarrollar tecnologías de producción y procesamiento que utilicen recursos locales y con un alto aprovechamiento de la materia prima.
- Mejorar la eficiencia física y económica de la producción de materias primas y los procesos de conversión de los biocombustibles, incluso a pequeña escala, para poder beneficiar a los pequeños agricultores a través del autoconsumo de energías limpias.
- Obtener una nueva generación de cultivos de alta productividad y mayores rendimientos de energía aprovechable por volumen de biomasa, incluidos los que proporcionan materia prima para biocombustibles —para reducir la presión sobre los suelos—, así como animales adaptados a los cambios previstos en las condiciones climáticas.
- Identificar nuevas tecnologías y prácticas para la adaptación al cambio climático en los sectores de la agricultura, la energía y el transporte.
- Utilizar eficientemente los residuos para la producción de energía.
- Realizar análisis económicos considerando los biocombustibles de segunda generación, en diferentes contextos socioculturales.
- Evaluar el potencial de producción de biocombustibles de segunda generación en tierras marginales.

- Transferir tecnologías desde y hacia otras regiones.

Este es el enfoque que conduce el Proyecto Internacional “La biomasa como fuente renovable de energía para el medio rural cubano” (BIOMAS-CUBA), financiado por la Agencia Suiza de Cooperación para el Desarrollo (COSUDE) y liderado por la Estación Experimental “Indio Hatuey”. El objetivo general de dicho proyecto está dirigido a demostrar y comunicar, a través de experiencias piloto, alternativas tecnológicas locales para la generación de energía a partir de la biomasa, que son efectivas económica, social y ambientalmente, con el fin de mejorar las condiciones de vida de mujeres y hombres en zonas rurales del país.

Dichas alternativas están asociadas a:

- La producción y uso del biogás a partir de excretas animales, aplicado directamente como combustible o transformado en energía eléctrica, en la conservación de frutos, granos y semillas.
- Producción de biodiesel, generado a partir de plantas oleaginosas no comestibles e intercaladas con cultivos en sistemas agroforestales, para ser utilizado dentro de las propias explotaciones productivas; así como la obtención y aprovechamiento de coproductos de alto valor para la alimentación animal, biofertilizantes y materias primas para otras industrias.
- Gasificación de residuos agroforestales y agrícolas no comestibles.
- Producción, a escala piloto, de bioetanol a partir de residuos lignocelulósicos.

Los autores consideran que en la ejecución de proyectos y experiencias sobre agroenergía a escala local en el medio rural se deben considerar un conjunto de principios clave, los cuales abarcan: a) la utilización de recursos locales en sistemas agroforestales integrados que reciclen residuos; b) el destino de los biocombustibles obtenidos en las propias explotaciones agropecuarias, a partir de materias primas no comprometidas con la alimentación, es para producir alimentos, generar energía y mejorar las condiciones de vida en las fincas y comunidades; c) las plantaciones de arbóreas para la producción de biocombustibles se intercalan con cultivos o pastizales para producir alimentos y brindar diversos servicios ambientales; d) los actores locales tienen que ser los protagonistas de las soluciones. Todo ello tiene el propósito principal de lograr la sostenibilidad energética y la seguridad alimentaria a escala local en el medio rural, considerando la protección del ambiente.

Referencias bibliográficas

- Afonso, Ana. 2009. La crisis alimentaria mundial. Análisis Madri+d 31 Marzo. (En línea) <http://www.madrimasd.org> (Consulta: 11-02-2009)
- Anónimo. 2009. Contribución al conocimiento del etanol combustible en Brasil. *ICIDCA. Boletín NotiEtanol*. 5 (6):3
- Castro F. 2007. La Internacionalización del genocidio. Reflexiones. 4 Abril, Cuba (En línea) <http://www.cubadebate.cu> (Consulta: 18-02-2009)
- European Commission. 2006. An EU Strategy for Biofuels. CUM (2006) 34. EC, Brussels, Belgium
- FAO. 2008a. Política bioenergética, mercados, comercio y seguridad alimentaria. Perspectivas mundiales de la seguridad alimentaria y de los combustibles. FAO, Roma. (En línea) <http://www.fao.org/foodclimate> (Consulta: 13-04-2009)
- FAO. 2008b. Cambio climático, bioenergía y seguridad alimentaria: opciones para las instancias decisorias de políticas identificadas por las reuniones de expertos. Documento para la Conferencia de Alto Nivel sobre la Seguridad Alimentaria Mundial: Los desafíos del cambio climático y la bioenergía. FAO, Roma. 42 p.
- FAO. 2008c. Bioenergía, seguridad y sostenibilidad alimentarias: hacia el establecimiento de un marco internacional. Documento para la Conferencia de Alto Nivel sobre la Seguridad Alimentaria Mundial: Los desafíos del cambio climático y la bioenergía. FAO, Roma. 21 p.
- FAO. 2008d. Oportunidades y desafíos de la producción de biocombustibles para la seguridad alimentaria y del medio ambiente en América Latina y el Caribe. 30ª Conferencia Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. 14 al 18 de abril, FAO, Brasilia, Brasil. 8 p.

- FAO. 2009a. El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2009. FAO, Roma. (En línea) <http://www.fao.org/docrep/012/0876/> (Consulta: 13-04-2009)
- FAO. 2009b. El estado de los mercados de productos básicos agrícolas 2009. Los precios altos de los alimentos y la crisis alimentaria. FAO, Roma. (En línea) <http://www.fao.org/docrep/012/0854/> (Consulta: 13-04-2009)
- Metz, B.*et al.* (Eds.). 2005. La captación y el almacenamiento de dióxido de carbono. Informe especial del IPCC. WMO-UNEP. Geneva, Switzerland. (En línea) <http://www.ipcc.ch> (Consulta: 23-11-2008)
- Nelson, G.C. 2009. Agriculture and climate change. Focus 16, March. IFPRI, Washington D.C.
- Nestle, Ingrid. 2008. Climate change and the role of renewable energy in the future. 5th European Biorefinery Symposium, April 9th-11th, Flensburg, Germany
- Ospina, B. 2009. Social bio-refinery for poor communities inaugurated. Julio. (En línea) http://webapp.ciat.cgiar.org/newsroom/release_40.htm (Consulta: 11-04-2010)
- Practical Action Consulting. 2009. Small-scale bioenergy initiatives. PISCES/FAO. Nairobi, Kenya
- Preston, T.R. 2007. Cambio climático y producción de alimentos y energía en sistemas agrícolas. Conferencia impartida en la EEPF “Indio Hatuey”, Matanzas, Cuba
- UNEP. 2007. Annual Report. Nairobi, Kenya
- World Bank. 2008. Forest sourcebook. April. Washington D.C., USA
- WWF. 2006. Sustainability standards for bioenergy. Berlin, Germany

Recibido el 29 de marzo del 2010

Aceptado el 17 de junio del 2010

Agroenergy production from biomass in integrated agroforestry systems: an alternative to achieve food security and environmental protection

Abstract

The objective of this paper is to offer considerations about agroenergy production from biomass in integrated agroforestry systems. At present, worldwide, marked by a group of hazards that threaten human existence, there is a challenge mainly in the rural context: how can the coexistence of agroenergy, food security and environmental protection be achieved?, in the presence of climate changes, environmental degradation, food crises and the growing biofuels *vs* food contradiction, generated by a senseless policy for obtaining first-generation agrofuels from large extensions of food monocrops, which is morally rejectable. Biofuels are also considered an ecological alternative to fossil fuels, because of their reduction capacity in the emission of greenhouse gasses and because they promote the development of rural communities in southern countries; this is enhanced in integrated agroforestry systems, in which biofuels, of first as well as second generation, can be produced, especially with the application of the concept of biorefinery which allows converting biomass into many products, which total added value can be higher than the one generated by fossil fuels. International projects, which promote integrated and sustainable food and energy production in the context of agroforestry integrated systems, at local scale, contribute to this purpose. The authors consider that the execution of projects and experiences about agroenergy has the main objective of achieving energetic sustainability and food security at local scale, in rural areas, taking into account environmental protection.

Key words: Agroenergy, agroforestry systems, biomass

Introduction

When renewable energy sources in rural areas are approached, it is unavoidable to speak about agroenergy or bioenergy, biofuels, food insecurity and climate change, largely important and controversial topics. For such reason, the combined meeting of the Expert group on Bioenergy policy, markets, trade and food security, and Global perspectives of food and fuel security (FAO, 2008a), focused on the current situation and the future perspectives of biofuels, and identified priority action sectors which approach the effects of climate change and biofuel production on food security; in addition, the possible opportunities presented by such production for agricultural and rural development, were determined.

On the other hand, the remarkable growth of the world population since 1950 and the expectations of a higher standard of living are two of the main aspects that drive the growing demand of agricultural products (FAO, 2009a), which causes increasing pressure on natural resources, such as land, water, natural forests and biodiversity. At the same time, the industrialization, commercialization and globalization of the economic activity have increased the pressure on natural resources, because such resources and the services of the ecosystem have been traditionally undervalued or depreciated by the market and, consequently, excessively used. Likewise, the climate change and the widening of biofuel production as possible source of clean energy subject the bases of the Earth's natural resources to remarkable additional pressure (FAO, 2009b).

According to the International Energy Agency, the dependence on fossil fuel-based energy is not sustainable, in terms of supply security as well as environmental effects (FAO, 2008b). Agroenergy has the potential for contributing to satisfy, partly at least, the growing energy demand; in the foreseeable technological hypotheses, it is acknowledged that the quantity of necessary biomass to produce biofuels can supply only a fraction of what is currently obtained from fossil fuels. However, bioenergy production considerably affects the markets and trade of basic products, and the evolution of technology can alter the scope and nature of these effects.

In this sense, it demands the development of new knowledge and policies that promote access of people to energy by means of agroenergy, but achieving food security without affecting the environment; thus the initiatives to be developed can offer new opportunities to rural communities. One of them is agroenergy production from biomass in integrated agroforestry systems, which allows the compatibilization of food security and environmental protection; in 2007, biomass was used to satisfy around 10% of the world demand of primary energy (FAO, 2008c). Hence the objective of this paper is to present considerations about agroenergy production from biomass in integrated agroforestry systems.

Current global situation: how is coexistence between agroenergy, food security and environmental protection achieved?

The current global situation is marked by a group of hazards that threaten human existence, such as the following:

- Declination of non-renewable resources: fossil fuels, underground waters, soils, minerals and biodiversity.
- Environmental deterioration, due to contamination and global warming. The most developed countries contribute 46,2% of global CO₂ emissions¹.
- Increases of the world population and the demand for agricultural and livestock products.
- Subsidies to farmers (but not from the richest countries).
- New energy, food and financial crises.
- Eighty five percent of the world energy is produced from fossil fuels; so that the current global consumption is 85 million barrels daily, which is unsustainable.
- The United States consumes 26% of the petroleum extracted in the planet; while the energy consumption of the European Union is also based on fossil fuels (79%).

At present, 1,6 billion people in the planet do not have access yet to electricity and more than two thousand millions depend, daily, on biomass to cook their meals and get warm, which generates a remarkable environmental impact, because a high proportion of this biomass – wood and coal – causes deforestation; besides, less than 5% of tropical forests are sustainably managed (World Bank, 2008)². In addition to this critical situation, according to FAO's estimations, each year 113 million forest hectares are turned into agricultural areas, mainly in the tropics. This process of forest loss and the incomplete combustion of biomass have a noticeable contribution in the climate change, which exists and it is not possible to avoid it, but it can be mitigated in an efficacious and environmentally reasonable way.

Likewise, there is a marked global food crisis; so that 1 000 million people suffer hunger (Castro, 2007), which increases, because the financial crisis is replacing it in the governmental and public discussion, and this constitutes a threat to its solution (Afonso, 2009). Likewise, the growing food crisis has been propitiated, partly, by a senseless policy for obtaining biofuels – also called agrofuels – of first generation from large extensions of food monocrops and large firms, but creating the big biofuels vs food contradiction.

These liquid biofuels are promoted by a growing business based on agreements among agricultural and oil companies, automobile manufacturers and biotechnology centers, with billions of dollars invested in an irrepressible industry, in which poor countries turn their lands into monocrops and transportation systems are prepared to take those biofuels to the First World. This policy has generated a remarkable increase of food prices and, often, hunger, poverty, environmental degradation and biodiversity loss – Indonesia and its 6,5 million hectares of oil palm monocrop is a sad example.

This record increase of food prices is generated by the fast increase of the demand of raw materials for biofuels, which has had effects on other basic products. The inflation of food prices is especially problematic in developing countries with considerable food purchases, which import bill increased 10% from 2005 to 2006 and a proportion of 36% from 2006 to 2007 (FAO, 2008b). The authors of this paper consider that using food for producing biofuels is morally rejectable, while a very considerable part of the world population suffers hunger and malnutrition.

On the other hand, biofuels are considered by governments and international institutions as an ecological alternative to fossil fuels, due to their capacity of reducing greenhouse gasses (GHG) – a very controversial aspect, with defenders and detractors – besides promoting the development of rural communities in Southern countries, which are the producing zones. One of the defenders of the sustainable production of liquid biofuels is the United Nations Environment Program (UNEP, 2007) and the Bioenergy and Food Security Program (FAO, 2008d), which promotes the development of sustainable regulations and in this sense, organized an international round table in 2007 about *Jatropha curcas*, a non-edible tree adequate for these purposes.

The world production of liquid biofuels is estimated in more than 35 billion liters (European Commission, 2006), of which bioethanol comprises more than 90%³. Regarding biodiesel, the global production reached 3 500 million liters in 2005, led by the EU (43%), and Germany (highest consumer), Italy and France stood out; the USA and Brazil (they comprise 12% worldwide) also stand out. Similar trend is shown by the production and trade of pellets, briquettes and other types of solid biomass for combustion, which providers are concentrated in North America and Western Europe, where the highest market exists.

Agriculture and climate change: their interactions

Nowadays, agriculture and climate change are highly interrelated, according to Nelson (2009), because of several key reasons:

- The climate change has (and will have much more) large negative effects on agriculture.
- Agriculture can help to mitigate it, because it contributes today with 14% of annual GHG emissions – especially livestock -, as well as 19% of the changes in land use, including forest loss.
- The agricultural producers of the Third World need help to adapt to the climate change.

In this sense, agriculture and the changes in land use, such as deforestation, contribute to 13 and 17%, respectively, of the total GHG emissions; in addition, although the carbon dioxide emissions from agriculture are reduced, the emissions of the sector represent 60% of all the nitrous oxide (N₂O), due to the use of fertilizers, and around 50% methane (CH₄) mainly from natural and cultivated wetlands and enteric fermentation (FAO, 2008b). This organization foresees that methane and nitrous oxide emissions will increase in 35-60% for 2030, boosted by the increasing use of nitrogen fertilizers and the increase of livestock production in response to the growing food demand.

However, agriculture and forestry activities have, in principle, a considerable potential of GHG mitigation. The Intergovernmental Panel of Experts on Climate Change estimates that the world technical potential of mitigation corresponding to agriculture (excluding the forestry sector) will oscillate between 5 500 and 6 000 Mt of CO₂ per year by 2030, of which 89% will derive from carbon retention in soils (Metz *et al.*, 2005).

Likewise, for mitigating the climate change, it is essential to solve the energy problem, from decarbonization of the energy supply, by means of four non-excluding options (Nestle, 2008): nuclear energy, energetic efficiency, carbon capture and sequestration and renewable energy sources; integrated agroforestry systems play a key role in it.

Mitigation is a political objective of agroenergy development in many countries. In this regard, FAO (2008c) considers that the systems which use organic wastes and agricultural and forestry residues, as well as the plantation of perennial species for energy generation in degraded lands, offer a high reduction potential of GHG emissions.

In the case of GHG emissions from agroenergy, an adequate balance of them depends on the effective use of coproducts⁴ from agroenergy conversion and processing, according to criteria of the World Wide Fund for Nature (WWF, 2006), with which the emissions of these gasses, as well as soil erosion and degradation, can be minimized. An example is Brazil, where in sugarcane the relation between renewable energy produced and fossil energy was 8,9 for bioethanol, about five times better than in the case of corn; likewise, bioethanol generates GHG emissions almost four times lower than the ones produced by the bioethanol manufactured from cereals (Anonymous, 2009).

Current trends and experiences in agroenergy development worldwide

FAO (2008b) identified a group of trends that show the current understanding of the context that links biofuels, climate change and food security, which are the following:

- The acceleration of investments in biofuels is in contraposition to the changes in the rural sectors of developing countries, which are promoted by commercial integration and the fast increase of food prices, which are foreseen to continue increasing (30-50%) over the preceding balance levels.
- At present, the increasing of biofuel production is boosted by the policy measures adopted to promote farmers' incomes, energy security, climate change mitigation and rural development, especially in developed countries.
- The increase of food as well as petroleum costs (the latter exceeds 80 USD/barrel, and has even reached more than 130 USD), is causing financial difficulties to poor families. Particularly, most of the countries labeled by the FAO as countries suffering food insecurity are also net importers of food and petroleum.
- The increasing attention to climate change, GHG emissions, changes in land use and connected environmental issues, has been focused on whether biofuels represent a solution to these problems or are rather aggravating them⁵.
- The increase of the petroleum price contributes to increase the costs of basic products, especially foodstuffs; in addition, as the price of petroleum increases, it is more cost-effective for biofuel producers to increase their production and pay more for agricultural raw materials, which generates a competition that increases their prices and, indirectly, food prices, and thus their costs for consumers increase.

Regarding experiences, although the sources for producing agroenergy are diverse and they include anaerobic digestion for biogas production, gasification and biomass pyrolysis for electricity, fuel wood and coal production, among others, the most approached technological alternatives, at present, are those associated to liquid biofuels.

There is a "first generation" of biofuels, produced with oils from plants and animal fats, such as bioethanol and biodiesel. Bioethanol has based its production on sugarcane production – specifically from its molasses or directly from its juice -, by means of fermentation and later distillation, in tropical countries; and on corn and other amylaceous plants, with a similar process, but preceded by hydrolysis, in temperate countries. Recently, experiences have been developed with other plants, as in India, where sweet sorghum varieties have been developed, with high saccharose content and adapted to arid and semiarid zones for producing bioethanol; while in Thailand, China and Colombia the use of cassava is beginning.

Regarding its competitiveness, the production of some biofuels, especially bioethanol, is more competitive in large-scale industry, due to the high cost of the investment related to the elaboration process (FAO, 2008c). Nevertheless, positive experiences have been developed in mini-distilleries for bioethanol production, from sugarcane, in Brazil, and from cassava in Colombia, promoted by the International Center of Tropical Agriculture (Ospina, 2009).

Biodiesel uses as raw material the oils of conventional crops, such as soybean (average yields in oil of 420 L/ha), sunflower (890) and rape (1 100), in temperate countries, and Africal oil palm (5 500 L/ha) in the humid tropics, in addition to animal fats, by the transterification process. However, in recent years the use of tropical trees is gaining an important space, for example *J. curcas* and *Ricinus communis* (both Euforbiaceae), as sources of non-edible oil for producing biodiesel (1 600 and 1 320 L/ha, higher than the above-mentioned yields, except African palm), in Brazil, India, China, Colombia, Guatemala, Dominican Republic and Mexico.

The social consequences of biofuel development depend on the raw material and the production system (FAO, 2008c). If they are economically viable⁶, the small-scale cultivation of such plants as *Jatropha* and the utilization of biofuel in the exploitation or the community can revitalize rural economies, by means of mechanization, irrigation and decentralization of the energy supply; in addition, biodiesel production generates byproducts, such as glycerin, feedstuffs, manures and bioproducts for plant and animal health.

An example of the usefulness of agroenergy in the Third World is shown in the project “Policy Innovation Systems for Clean Energy Security”, which appreciates energy as a component of the large rural value chain and considers that it is possible to achieve efficiency of natural resources in small-scale initiatives (Practical Action Consulting, 2009). Such project offers the results of case studies in countries from Asia, Latin America and Africa, among which the following stand out:

- Crude *Jatropha* oil to produce electricity in rural towns of Mali and India.
- *Jatropha* biodiesel to feed water pumps and the use of coproducts –press cakes and glycerol – as fertilizers and feed for cattle and poultry (India).
- Biodiesel production in 170 ha of *Jatropha*, by a cooperative of 150 families in Guatemala, with yields of 2 123 L/ha/year⁷. Another experience of cooperative production with this plant is conducted in Thailand villages, with zero residues.
- Briquette production from plant coal dust in Senegal communities.
- Cookers of ethanol produced with sugarcane in Ethiopia.
- Utilization of the biogas produced from sisal residues in villages of Tanzania, for cooking and electricity and fertilizer production.
- Sustainable biodiesel production from palm oil, in 4 400 ha in Tanzania.
- The remarkable experience with biogas in small agricultural producers in Viet Nam.
- Briquette production in Kenya and Senegal, from herbaceous weeds.
- Bioethanol micro-distilleries from sugarcane in Minas Gerais, Brazil.
- Recycling of plant oils used by restaurants and supermarkets in Lima, Peru.

In recent years technological developments have occurred which are originating a “second generation” of liquid biofuels, from lignocellulosic residues (LCR)⁸, algae oils and the combustion of the biomass pyrolysis. Concerning LCRs for ethanol production, studies are being conducted, especially in the USA, Brazil, Denmark, Sweden, Spain, Mexico and Cuba (University of Matanzas). In this strategy a key role is played by the concept of biorefinery for maximizing the value of agroenergy, which is based on the transformation of all the components in useful products, as it is done in a petroleum refinery, and by means of which an attempt is made to maximize the advantages and utilization of intermediate products, with which value is added; for example, in the production of bioethanol from LCR other products of high added value can be obtained, such as prebiotics, antioxidants, antimicrobials, lignin (solid fuel, caloric value 10 500 KJ/kg), residual yeast and biogas, among others.

With this concept it is possible to formulate the following questions: 1) Can energy, fuel and chemicals production, based on plant cultivation and processing, compete with fossil fuel-based production?; 2) is it adequate to produce only energy or also high value chemicals?; 3) what is more feasible for it: small- or large-scale operation?, and 4) which would be the most adequate sustainability criteria?

The concept of biorefinery allows turning the biomass into many products: bioenergy, biochemicals, biofood and biomaterials, which total added value can be higher than the one generated by fossil fuels. Regarding the production scale, the small one has advantages, such as the decrease of product transportation (a considerable part of the inputs is generated in the agricultural exploitations, and the intermediate and final products are consumed in them); reduced recycling cycles, by utilizing the residues in these exploitations, as well as the integration of the energy flow, labor and organizational structure in the framework of the productive chain, among others. In this regard a question can arise: What about the advantages of scale economies? This is applied to manufacturing processes, but it does not occur that way in biological processes.

Likewise, in order to develop all the potential of agroenergy, the growth must be sustainably managed in order to fulfill the requisites of the economic, social and environmental requisites of sustainability. Concerning the most adequate sustainability criteria, this is a widely studied and discussed topic nowadays, in

the scientific and academic sector, and in the NGOs linked to the environment, as well as in the organisms of the United Nations – the work of PNUMA/UNEP stands out – and it is considered that no solid conclusions have been reached yet; thus, this is an aspect that needs to be attended.

World political options regarding agroenergy

At present, the FAO (2008c) considers that there are three highly discussed political options associated to agroenergy. The first option is to continue as until now, with all the countries establishing the political frameworks, considering the international implications of the political decisions only when they are compatible to national priorities; this approach could start up some warrants for mitigating the negative effects of the increase of biofuels, by means of the agreement of national efforts, although it can not fully approach the issues with worldwide repercussions, such as negative impacts on food security and the environment. If such negative impacts continue increasing, it is possible that a lasting current of hostile public opinion against biofuels would emerge, which would eliminate a market with real potential for attaining the economic, environmental and social objectives.

The second political option is the “moratorium”, which implies a temporary banning of biofuel production, worldwide and raw material-specific, in order to provide the necessary time for technologies to be conceived and regulation structures are introduced; this has been requested by the Special Rapporteur on the Right to Food of the UN, for five years, in order to prevent the negative environmental, social and human effects, and has recommended that measures are adopted during the moratorium to guarantee that biofuel production has positive consequences and respects the right to adequate feeding, as well as includes the reduction of energy consumption, energetic efficiency, immediate change to second generation technologies and protection of farmers who suffer food insecurity.

The FAO (2008c) considers that such world moratorium could not be sufficiently differentiated and, in fact, it would only allow postponing the necessary search for better technologies and adequate regulation solutions; it also states that the immediate and abrupt change to second generation biofuels could be little realistic, due to the lack of investment potential in almost all developing countries and to the lack of experience with this generation. On the other hand, the moratorium could prevent or persuade some countries from participating in the global learning process associated to biofuels and cause investments to stop abruptly and thus make the interest in research and development disappear, and it would not represent a fair solution for the national and local complexities of the relation between bioenergy and food security. According to such organization, this option seems too rigid to utilize the dynamic advances and potentially positive effects for rural development, climate change and food security; besides, it would delay or prevent the necessary search for technological innovation and knowledge development.

The third option is to develop an international intergovernmental consensus about sustainable biofuels, which assumes that national political measures and consensus in the industrial sector are necessary, as well as giving responses to the challenges of climate change mitigation, biodiversity conservation and food security, related to the supply of world’s environmental goods and services, which can not be guaranteed only in the national environment; likewise, an international agreed approach is advisable, because the biofuel demand is focused on developed countries and the supply potential is in developing countries.

In order to create an international consensus on sustainable biofuels respectful of food security, the governments could apply international instruments which are relevant for agroenergy, food security and sustainability, such as:

- The Framework Convention of the United Nations on Climate Change, of 1992, supports agroenergy, for considering it one of the “precaution measures to foresee, prevent or reduce to the minimum the causes of climate change and mitigate its adverse effects”.
- The Kyoto Protocol, in 1997, acknowledges the importance of the contribution of renewable energy to the mitigation of the climate change. The clean development mechanism (MCD), which was established as a consequence of the Protocol, attempts to attract international financing relative to carbon and destine it to

bioenergy projects, in order to help developing countries to achieve sustainable development and allow industrialized countries to fulfill their emission reduction objectives, to which they have committed.

- The Convention on Biological Diversity, in 1992, is relevant for the sustainable development of agroenergy, because its parties are committed to preserve biodiversity.
- The International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture aims at promoting the conservation and sustainable utilization of plant genetic resources for food and agriculture, as well as the fair and equitable distribution of the benefits derived from their utilization.
- The Convention to Combat Desertification, of 1992, forces the parties to the increase of land productivity, rehabilitation, conservation and sustainable utilization of land and water resources, to improve rural living conditions; and it also aims at the reduction of poverty and the participation of local communities.
- The General Agreement on Tariffs and Trade (GATT), of 1994, rules all trade, including the commerce of goods related to biofuels and forces the countries to promote a free commercial regime by decreasing taxes in each round of international commercial negotiations.

Which is the approach to follow with the utilization of integrated agroforestry systems?

Based on a holistic and systemic vision, the first aspect is to assume the need to adapt these systems to the available resources and utilize the comparative advantages of tropical crops, including trees and shrubs, criteria defended by Preston (2007), to promote a change towards smaller and more self-sustainable systems, in which the production of food, energy and construction materials is integrated, and achieve an increase of the resilience of agroecosystems.

Considering this approach, the consequences of food and raw material production for agroenergy in soil erosion depend, to a large extent, on the agricultural techniques used, especially, tillage practices, soil cover and crop rotation. In places where perennial basic materials are used for agroenergy production, instead of annual crops, the permanent cover and root formation, as well as direct planting, rotation, intercropping and diversification of food crops, help to improve soil management and reduce its erosion.

This adoption of good agricultural practices, according to FAO (2008c), can also reduce the threat to biodiversity, especially in the soil; in addition, wild habitats can be improved through the introduction of landscaping approaches in agricultural zones and the maintenance of ecological aisles, as well as through the sustainable utilization of biomass sources of high biodiversity as basic materials, for example, pasturelands.

The promotion of local systems of food and energy production, by means of the combination of basic material and crop productions and livestock feeding with the biomass that is not used for energy production or soil cover, can prevent losses and increase the general productivity of the food and energy generation system.

Biofuel production can be oriented towards sustainable local development, which favors the inclusion of small farmers, and in turn they are organized in cooperatives for processing and commercializing the bioenergetic raw material, as the addition of value to their products, in addition to maximizing the opportunities derived from agroenergy production and minimizing the risks of negatively affecting food security and the environment.

All this demands investing in research and technological innovation, fundamental aspect to achieve long term food and fuel security, which requires new and important investments in research and development programs, which can contribute to improve technical efficiency and determine the strategies and opportunities to face scarcity situations and adapt to climate change. For this purpose, the FAO (2008c; 2008d) considers that the objectives should be:

- Developing production and processing technologies that utilize local resources and with high utilization of raw materials.
- Improving the physical and economic efficiency of raw material production and the conversion processes of biofuels, even at small scale, to benefit small farmers through the self-consumption of clean energies.

- Obtaining a new generation of crops with high productivity and higher yields of utilizable energy per biomass volume, including those that provide raw material for biofuels – to reduce pressure on soils -, as well as animals adapted to the foreseen changes in climate conditions.
- Identifying new technologies and practices for adaptation to the climate change in the agriculture, energy and transportation sectors.
- Utilizing efficiently residues for energy production.
- Making economic analyses that consider second generation biofuels in different sociocultural contexts
- Evaluating the production potential of second generation biofuels on marginal lands.
- Transferring technologies from and to other regions.

This is the approach ruling the International Project “Biomass as renewable energy source for Cuban rural areas” (BIOMAS-CUBA), supported by the Swiss Agency of Cooperation for Development (COSUDE) and led by the Experimental Station “Indio Hatuey”. The general objective of such project aims at proving and communicating, through pilot experiences, local ecological alternatives for energy generation from biomass, which are economically, socially and environmentally effective, in order to improve the living conditions of women and men in rural areas of the country.

Such alternatives are associated to:

- The production and use of biogas from animal excreta, directly applied as fuel or transformed into electric energy, in the conservation of fruits, grains and seeds.
- Biodiesel production, generated from non-edible oil plants intercropped in agroforestry systems, to be used within the productive exploitations; as well as obtaining and utilizing coproducts of high value for animal feeding, biofertilizers and raw materials for other industries.
- Gasification of non-edible agroforestry and agricultural products.
- Production, at pilot scale, of bioethanol from lignocellulosic residues.

The authors consider that in the execution of projects and experiences on agroenergy at local scale in rural areas a group of key principles must be considered, which comprise: a) the utilization of local resources in integrated agroforestry systems which recycle residues; b) the destination of the biofuels obtained in the livestock production exploitations, from raw materials not committed to food, is food production, energy generation and improvement of the living conditions in farms and communities; c) tree plantations for biofuel production are intercropped with crops or pasturelands for producing food and providing diverse environmental services; d) the local shareholders must be the protagonists of solutions. All this has the main purpose of achieving energy sustainability and food security at local scale in rural areas, considering environmental protection.