
ARTÍCULO DE REVISIÓN

Producción integrada de alimentos y energía a escala local en Cuba: bases para un desarrollo sostenible

Integrated food and energy production at local scale in Cuba: bases for sustainable development

J. Suárez

*Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey,
Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos, Ministerio de Educación Superior
Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba
Correo electrónico: chuchy@ihatuey.cu*

RESUMEN: Internacionalmente, es imprescindible lograr la seguridad alimentaria, la suficiencia energética y la protección ambiental, lo que constituye un reto global ante la contradicción agrocombustibles vs. producción de alimentos. Sin embargo, este reto se puede enfrentar con la utilización de sistemas de producción integrada de alimentos y energía (SPIAE), los cuales son diversificados y más resilientes, constituyen un efectivo enfoque para mitigar el cambio climático y adaptar la agricultura, y funcionan a varias escalas y configuraciones. En el contexto de los aportes conceptuales y empíricos sobre los SPIAE a escala internacional, el propósito de este artículo es dar a conocer prácticas de este tipo en las condiciones de Cuba con el fin de promover el desarrollo sostenible, a partir de la concepción de finca agroenergética y las experiencias del proyecto BIOMAS-CUBA. En el artículo se clasifican y ejemplifican los tipos de SPIAE que existen en el país; y se brinda información sobre una tipología de SPIAE basada en siete indicadores y un procedimiento integral asociado, los cuales pueden contribuir con la transición de fincas agropecuarias a fincas agroenergéticas sostenibles en Cuba. Asimismo, se plantean los retos para el fomento de dichos sistemas, relacionados con el nuevo contexto en el sector agropecuario y en el desarrollo local y rural cubano; y se ofrece un enfoque estratégico para el fomento de los SPIAE en Cuba, a partir de la formulación de estrategias locales para la producción integrada de alimentos y energía como un componente de la Estrategia Integral de Desarrollo Local de cada municipio, y también para el aseguramiento de su sostenibilidad.

Palabras clave: sistemas de producción integrada de alimentos y energía, sostenibilidad

ABSTRACT: Internationally, it is essential to achieve food security, energetic sufficiency and environmental protection, which constitutes a global challenge for the biofuels vs. food contradiction. However, this challenge can be faced with the utilization of integrated food and energy production systems (IFEPS), which are diversified and more resilient, constitute an effective approach to mitigate the climate change and to adapt agriculture to it, and they operate at several scales and configurations. In the context of the conceptual and empirical contributions about the IFEPS at international scale, the purpose of this article is to show this type of practices under the conditions of Cuba in order to promote sustainable development, from the conception of agro-energetic farm and the experiences of the BIOMAS-CUBA project. In this article the existing types of IFEPS in the country are classified and exemplified; and information is provided about a typology of IFEPS based on seven indicators and an associated integral procedure, which can contribute to the transition from agricultural to sustainable agro-energetic farms in Cuba. Likewise, the challenges for the encouragement of such systems, related to the new context in the agricultural sector and in the Cuban rural and local development, are stated; and a strategic approach is offered, from the formulation of local strategies for the integrated food and energy production as a component of the Integral Strategy of Local Development of each municipality, and also for the assurance of its sustainability.

Key words: integrated food and energy production systems, sustainability

INTRODUCCIÓN

A nivel global existe un reto, principalmente en el contexto rural: ¿cómo hacer coexistir la seguridad alimentaria, la suficiencia energética y la protección del medioambiente? En presencia de la crisis alimentaria, el cambio climático y la llegada de la era del fin de los combustibles fósiles, existe una fuerte contradicción entre agrocombustibles vs. producción de alimentos, motivada por una insensata política para obtener los denominados agrocombustibles de primera generación a partir de grandes extensiones de tierra, dedicadas a monocultivos alimentarios, lo que es moralmente rechazable (Suárez y Martín, 2010). Ante estas problemáticas socioeconómicas y ambientales existen soluciones para minimizar los efectos de esa contradicción, y una de ellas es la producción de biocombustibles.

El fomento de sistemas agropecuarios integrados permite producir biocombustibles –sólidos, líquidos y gaseosos– y alimentos; asimismo, la aplicación del concepto de biorrefinería puede convertir la biomasa en múltiples productos, cuyo valor agregado total puede ser mayor que el generado por los combustibles fósiles (Suárez *et al.*, 2011). Estos sistemas integrados, abordados por diversos autores (Jamienson, 2008; Nalwaya, 2009; Tilman *et al.*, 2010; Li, 2010; Solarte, 2010; Jamieson *et al.*, 2010; Bogdanski *et al.*, 2011), se perfilan como una variante de relativa importancia, al menos para los países en vías de desarrollo, en los que la producción de alimentos está muy limitada debido al poco acceso a fuentes de energía seguras.

Un enfoque que comparte esta visión asociada a los sistemas de producción integrada de alimentos y energía (SPIAE) es el propuesto por la FAO (Bogdanski *et al.*, 2011), que los recomienda para mejorar la calidad de vida y el clima, y los clasifica en dos tipos:

- Tipo 1. Sistemas que combinan la producción de alimentos y de biomasa para producir energía en la misma tierra, mediante cultivos intercalados o la mezcla de cultivos de ciclo corto o anual con especies perennes (los sistemas agroforestales), y pueden estar combinados con la ganadería y/o la cría de peces. Los cultivos constituyen la materia prima que se emplea para producir alimentos y energía.
- Tipo 2. Sistemas que buscan maximizar las sinergias entre los cultivos alimenticios, la ganadería, la producción pesquera y las fuentes de energía renovable, mediante la adopción de tecnologías agroindustriales (la gasificación de la biomasa o la

digestión anaeróbica) que permitan la máxima utilización de todos los subproductos, así como el reciclaje y el empleo económico de los residuos. Estos residuos son la materia prima que se utiliza para producir energía.

Un interesante ejemplo de producción combinada de bioenergía y abono verde es el estanque agrícola, desarrollado por la Corporación para la Investigación en Producción Agropecuaria del Valle del Cauca (CIPAV), en Colombia. En este se vierten los efluentes líquidos de la producción de biogás para fertilizar lagunas donde crecen plantas acuáticas, las cuales son utilizadas como abono verde para mejorar los suelos de la finca (Solarte, 2010).

El principal incentivo de estos sistemas en los países subdesarrollados radica en la necesidad de una seguridad alimentaria y energética –el requerimiento básico para la reducción de la pobreza y el desarrollo rural–; mientras que en los países desarrollados el interés creciente se debe a la tendencia de incrementar la eficiencia de los recursos, especialmente el uso de la tierra, y a la necesidad de reducir los cambios del uso directo e indirecto de la tierra, debido al desarrollo de los biocombustibles a partir del monocultivo, lo que coincide con lo planteado por Bogdanski *et al.* (2011).

Estos SPIAE son sistemas diversificados y más resilientes, con multiprocesos y multiproductos, y constituyen un efectivo enfoque para mitigar el cambio climático y adaptar la agricultura, ya que permiten incrementar la productividad de la tierra y del agua, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y la dependencia de combustibles fósiles, así como aumentar la seguridad alimentaria.

Además, los SPIAE pueden funcionar a varias escalas y configuraciones, desde pequeños sistemas para la autosuficiencia hasta sistemas a gran escala ajustados a la operación industrial, pero que beneficien a los pequeños productores. Ello se logra cuando estos se implican en decisiones y beneficios, en el marco de la cadena de valor. Por otra parte, se genera un impacto positivo en las comunidades rurales, como consideran Bogdanski *et al.* (2011).

Sea a grande o a pequeña escala, la distinción fundamental está en el propósito del sistema (Sachs y Silk, 1991), el cual puede ser:

- Centrado en la finca.
- Centrado en la empresa, donde la producción de energía se realiza en una nueva organización o negocio que se crea a partir de otra ya existente.
- Finca energética: unidad diseñada para la producción de energía que se distribuye a la red

eléctrica, con lo cual se cumple un servicio de utilidad social.

- Enfocado en la comunidad, para energizar las necesidades domésticas, tales como la cocción y la generación de electricidad.

En el contexto de los aportes conceptuales y empíricos sobre los SPIAE, generados a escala internacional, el propósito de este artículo es dar a conocer experiencias sobre este tema en las condiciones de Cuba, las cuales están dirigidas a promover el desarrollo sostenible a partir de la concepción de finca agroenergética (Suárez *et al.*, 2011).

Experiencias acerca de los SPIAE en Cuba

La utilización de los SPIAE en Cuba, en armonía con el medioambiente y dirigidos a mejorar la calidad de vida de la población, ha sido promovida por el proyecto internacional BIOMAS-CUBA –liderado por la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EPPF-IH) y financiado por la Agencia Suiza para la Cooperación y el Desarrollo (COSUDE)– desde la formulación de la fase I. En esta fase se obtuvieron significativos resultados relacionados con la producción de biodiésel y biogás, y con la gasificación de biomasa, en cinco provincias de Cuba, los cuales contribuyen a solucionar importantes retos para la humanidad: la inseguridad alimentaria, la sostenibilidad energética y la protección ambiental (Suárez *et al.*, 2011; Suárez y Martín, 2012).

En esta visión se utiliza el concepto de finca agroenergética (que está desarrollándose desde 2009), la cual se concibe como: «la explotación productiva donde se desarrollan, mejoran y evalúan tecnologías e innovaciones para producir, de forma integrada, alimentos y energía, la cual se utiliza como insumo para producir más alimentos en la propia finca, con el propósito de mejorar la calidad de vida rural y proteger el ambiente». Este concepto se implanta en los escenarios donde se desarrolla el proyecto para promover un tránsito de fincas agropecuarias a fincas agroenergéticas (Suárez *et al.*, 2011).

Entre los principios de la concepción de BIOMAS-CUBA (Suárez *et al.*, 2011) se destacan los siguientes:

- El uso de recursos locales en sistemas agropecuarios integrados que reciclen residuos y energía.
- La producción de biocombustibles para producir alimentos y mejorar las condiciones de vida (producción integrada y local de energía y de alimentos en la finca).
- La utilización, en la producción de biodiésel, de tierras no aprovechadas en la agricultura y de

plantas arbóreas no comestibles, que se intercalan con cultivos alimenticios y pastizales (diversificación de la producción) y brindan diversos servicios ambientales, tales como: el control de la erosión, la recuperación de los suelos degradados y el secuestro de carbono.

- El uso integral de la biomasa como fuente de energía, alimentos y diversos productos: glicerina, medicamentos, abonos y carbón activado (maximización del valor).

De acuerdo con los tipos de SPIAE propuestos por Bogdanski *et al.* (2011), y según la experiencia de dicho proyecto, en Cuba se aprecian los siguientes tipos:

El tipo 1 es el caso de las plantaciones de *Jatropha curcas* asociada con cultivos de ciclo corto, las cuales se encuentran en diversas fincas campesinas y en la granja Paraguay (municipio Guantánamo), así como en la EEPF-IH y el municipio Martí, en Matanzas. En estas plantaciones se producen alimentos (yuca, soya, frijol, boniato y maíz) y frutos de jatropha, los que se procesan en una planta para producir biodiésel y coproductos, como las cáscaras y las tortas de prensado que se destinan a la producción de bioabonos (Sotolongo *et al.*, 2012). Asimismo, este tipo se manifiesta en los sistemas agroforestales que se manejan en la EEPF-IH con el propósito de producir forraje para la alimentación animal y usar la leña que se genera como combustible en la gasificación.

También puede ser el caso de una plantación forestal energética, en cuya fase de crecimiento los árboles se asocian con cultivos de ciclo corto. A continuación, se siembran pastos para manejar ganado y, posteriormente, la plantación se corta y se utiliza en una central bioeléctrica para generar electricidad para la red nacional, y entonces comienza nuevamente el ciclo.

El tipo 2 de SPIAE se visualiza de diferentes formas. Un caso es el de las fincas campesinas en diversas provincias cubanas, en las que se produce alimento de origen animal y vegetal, y se recicla la excreta animal –de alto valor contaminante– mediante la digestión anaeróbica en diversos tipos de biodigestores (Cepero *et al.*, 2012a), lo que genera bioabonos y biogás –que se utiliza en la cocción de alimentos, la refrigeración, el riego y la generación de electricidad. Otro caso es el de los dos gasificadores instalados en la Empresa Forestal Integral Gran Piedra-Baconao (Santiago de Cuba) y en la EEPF-IH, para la generación de electricidad a partir de los residuos de aserraderos y de las podas en

sistemas agroforestales pecuarios, respectivamente (Cepero *et al.*, 2012b), el cual se extenderá con la utilización de residuos de la producción de arroz como biocombustible.

Asimismo, considerando el propósito del sistema y de acuerdo con lo propuesto por Sachs y Silk (1991), los SPIAE con biodigestores son sistemas centrados en la finca (buscan satisfacer sus necesidades de energía y bioabonos) y enfocados en la comunidad (BIOMAS-CUBA ha generado varias experiencias de distribución de biogás a viviendas cercanas al biodigestor); mientras que los que tienen gasificadores son sistemas centrados en la empresa, en los que la producción de energía complementa a la agropecuaria, para reducir los costos energéticos e, incluso, entregar electricidad a la red nacional. Este es el caso de los centrales azucareros cubanos que generan energía a partir del bagazo (residuo del proceso de producción de azúcar de caña).

Con respecto a la denominada finca energética, como una unidad diseñada para la producción de energía que la distribuye a la red eléctrica para cumplir un servicio de utilidad social, se prevé construir centrales bioeléctricas en las provincias de Ciego de Ávila y Camagüey, para la generación de electricidad a partir de la leña del marabú (*Dichrostachys cinerea*) –una leñosa espinosa que actualmente invade más de 700 000 hectáreas en todo el país.

En este sentido, en los sistemas agropecuarios la energía puede ser producida por el campesino, para su consumo y para obtener beneficios, y, a escala mayor, para satisfacer las altas demandas externas (aporte a la red eléctrica nacional).

Por otra parte, en un estudio realizado por Funes-Monzote *et al.* (2012), en 25 sistemas productivos de cuatro provincias que participaron en la fase I de BIOMAS-CUBA, se evaluaron siete indicadores: 1) riqueza de especies, a partir del Índice de Margalef; 2) diversidad de la producción, mediante el Índice de Shannon; 3) cantidad de personas que alimenta el sistema en energía; 4) cantidad de personas que alimenta el sistema en proteína; 5) índice de utilización de la tierra; 6) balance energético anual; y 7) costo energético de la producción de proteína, según la metodología de Funes-Monzote (2009).

La heterogeneidad (entre fincas) y los diferentes niveles de diversidad de especies de cultivos, animales y forestales caracterizaron a los sistemas productivos muestreados. Asimismo, los agricultores (y sus fincas) participantes fueron escogidos por ser buenos innovadores en prácticas agroecológicas

y estar sensibilizados con la búsqueda de alternativas más sostenibles para la producción agropecuaria.

Uno de los principales resultados indicó que, para lograr una agricultura sostenible, la diversificación de los sistemas productivos en sí misma no es un factor que determina un incremento de la productividad, sino el diseño de la biodiversidad funcional en términos de la utilización de recursos como los nutrientes, el agua y la energía. Además, se demostró que una mayor diversidad no necesariamente repercute en una mayor productividad y eficiencia; los indicadores de diversidad estuvieron relacionados no solo con el número de individuos, sino también con la equidad entre ellos, a partir de la presencia de especies y su abundancia relativa.

Asimismo, se elaboró una tipología para ubicar dichas fincas, a partir de los indicadores, en tres tipos: BIOMAS-1, BIOMAS-2 y BIOMAS-3 (cuadro 1).

Posteriormente, Blanco (2012) desarrolló un procedimiento integral para contribuir a la transición de fincas agropecuarias a fincas agroenergéticas sostenibles en Cuba, que se estructuró en tres fases: el diagnóstico inicial, basado en los indicadores anteriores; el modelo de intervención y la implementación del modelo; y la evaluación del cambio. Para su validación, el procedimiento se implementó en dos fincas de la provincia de Matanzas, como estudios de caso, entre 2009 y 2011, las cuales tenían la situación más desfavorable de los siete escenarios de BIOMAS-CUBA diagnosticados en la provincia.

Como resultado de la implementación del procedimiento integral, que implicó la aplicación de un modelo de intervención con acciones de mejora que abarcaron la transferencia de tecnologías, la capacitación y el fomento de procesos de innovación, en ambas fincas se incrementaron la riqueza de especies (incremento promedio de 45 %), la diversidad productiva (25 %), la integración agricultura-ganadería, los volúmenes productivos (45 %), la capacidad de contribuir a la seguridad alimentaria de las personas en el municipio (78 % en proteína y 64 % en energía), el balance energético (137 %) y los resultados económicos (37 %). Asimismo, se redujo el costo energético de la proteína (disminución promedio de 141 %) respecto al año base. En la actualidad, estas fincas constituyen ejemplos de sistemas que producen alimentos de origen animal y vegetal de forma integrada, así como energía a partir de fuentes renovables.

Cuadro 1. Tipologías de SPIAE.

Tipo	Integración de alimentos y energía	Características de los sistemas productivos
BIOMAS-1	Fuerte integración de alimentos y energía	<ul style="list-style-type: none"> Existen fuertes correlaciones entre la diversidad de especies de plantas cultivadas y/o animales, alta eficiencia energética y productividad, en términos de alimentos producidos por hectárea dedicada a cultivos o a producción animal. Sistemas de pequeña escala (≤ 15 ha), generalmente. Disponen de amplios conocimientos tradicionales sobre la crianza animal y los cultivos locales. Tienen una alta estabilidad de la producción, así como autonomía en el uso de los recursos, y son resilientes al efecto de los factores externos. Poseen considerables avances en la diversificación del sistema productivo. En muchos casos logran una alta eficiencia energética, pero con baja productividad y viceversa.
BIOMAS-2	En vías de incrementar la integración de alimentos y energía	<ul style="list-style-type: none"> Aunque poseen conocimientos en cuanto al manejo de los recursos naturales, aun requieren mayores esfuerzos en el diseño integrado del sistema productivo. Por ello, no se logra conjugar la disponibilidad de insumos con la diversidad funcional establecida y el incremento de los indicadores de eficiencia y productividad. Con apoyo financiero en tecnologías y cambios de diseño se puede mejorar notablemente su comportamiento y pasar a ser considerados BIOMAS-1. Están iniciando el proceso de integración del sistema alimentario y presentan un fuerte desbalance energético. Se puede dar el caso de que una finca perteneciente a este grupo disponga de considerables fuentes energéticas de origen industrial (diésel, maquinaria, riego y productos químicos) o abundante energía de origen biológico (estiércol, biomasa y fuerza de trabajo), pero que haga un uso ineficiente de estos recursos.
BIOMAS-3	Estadios iniciales de la integración de alimentos y energía	<ul style="list-style-type: none"> Se incluye en este tipo de fincas aquellas que se inician en un proceso de integración o que se encuentran en la etapa de establecimiento de cultivos oleaginosos o la instalación de biodigestores, pero que a la vez tienen baja diversidad y productividad. Por lo general, para lograr la integración en estos sistemas se requerirá un fuerte componente de capacitación y un mayor apoyo financiero, aunque también su pobre comportamiento puede estar dado por el derroche de recursos naturales y financieros mal empleados. Pasar al tipo BIOMAS-2 requerirá de un trabajo consciente, que puede durar entre dos y tres años.

Fuente: Elaborado a partir de Funes-Monzote *et al.* (2012).

Retos para el fomento de los SPIAE

La concepción más apropiada en la implementación de los SPIAE es integrar diferentes fuentes renovables de energía, incluso no basadas en la biomasa (calentadores y paneles solares fotovoltaicos para el calentamiento de agua y la generación de electricidad; aerobombas y arietes hidráulicos para el riego y el bombeo de agua), en un mismo sistema productivo; aplicar diferentes enmiendas orgánicas al suelo, provenientes del proceso de producción de energía (lodos de biodigestores, cáscaras y tortas de prensado del fruto de *Jatropha*, y carbonilla residual de la gasificación de biomasa); así como producir y aplicar abono verde y bioproductos (compost, humus de lombriz y otros bioabonos, IHplus®, bioestimula-

dores del crecimiento vegetal: Biobras y FitoMas-E, entre otros), considerando un enfoque de género e inclusión social.

Por otra parte, el nuevo contexto en el sector agropecuario y en el desarrollo local y rural en Cuba, y los actuales requerimientos de las políticas asociadas, dirigidas a fomentar la seguridad alimentaria y la sostenibilidad energética, requieren nuevos arreglos de instituciones y redes que:

- Sean más participativos y se centren, tanto en las necesidades y aspiraciones de las personas e instituciones como en las prioridades del desarrollo socioeconómico del país.
- Tengan una perspectiva holística e intersectorial que rebase la tradicional del sector.

- Trabajen en el marco de alianzas y promuevan la cooperación, incluida la interacción entre el sector estatal y el privado.
- Interrelacionen acciones y prioridades locales, regionales y nacionales.

Todo ello, aplicable al fomento de los SPIAE, exige la implementación de un marco de suministro de servicios científicos y de asesoramiento, basados en la demanda local, el cual estará dirigido a:

- Apoyar la formulación de políticas y la creación de capacidades institucionales.
- Gestionar y organizar la prestación de servicios, para responder a esta demanda.
- Organizar la demanda, mediante el fortalecimiento de las organizaciones locales, los productores agropecuarios, los campesinos y las organizaciones no gubernamentales.

Este suministro de servicios científicos y de asesoramiento debe incluir un proceso de difusión de tecnologías e innovaciones que considere la incertidumbre climática y las condiciones locales, así como que estas no sean exigentes en insumos externos para su operación, lo cual puede ser un proceso lento; sin embargo, ello se debe favorecer con incentivos económicos en la inversión o la comercialización, lo que requiere una cuidadosa evaluación de su efecto. En este sentido, el tipo de tecnología varía en función del objetivo que tenga un SPIAE y de su tamaño, así como de la disponibilidad de capital, lo que coincide con lo señalado por Bogdanski *et al.* (2011); además, se necesita desarrollar cadenas de suministros, las cuales incluyen repuestos, asistencia técnica y mantenimiento, por lo que es necesario crear mercados locales de suministros.

Otro aspecto clave es la selección de las fuentes de energía y las tecnologías más apropiadas para las necesidades locales; con el enfoque de combinar la diversidad tecnológica con una razonable simplicidad se puede proveer soluciones más fiables y flexibles. Para ello, la colaboración y el apoyo de los actores locales y las comunidades constituyen uno de los factores más significativos.

Un enfoque estratégico para el fomento de los SPIAE en Cuba

El fomento de los SPIAE en las condiciones cubanas actuales, donde la producción de alimentos, la sustitución de costosos combustibles fósiles y la protección ambiental son prioridades del Gobierno y la sociedad, necesita estar acompañado por políticas y estrategias, para asegurar su sostenibilidad a largo plazo.

En este sentido, si la fase I del proyecto BIOMAS-CUBA se centró en el sistema productivo, mediante la demostración de tecnologías agroenergéticas apropiadas, en su segunda fase (a partir de 2013) se produce un tránsito a la formulación e implementación de estrategias locales de producción integrada de alimentos y energía. Estas abarcan a todo el municipio y están dirigidas a lograr la seguridad alimentaria; así como mejorar las condiciones de vida en el medio rural, proteger el medioambiente y generar ingresos, empleos, capacidades locales e impactos socioeconómicos en grupos rurales con menor acceso a la energía.

Esta estrategia es un componente de la Estrategia Integral de Desarrollo Local de cada municipio y es elaborada por los actores clave del territorio, para su posterior aprobación en la Asamblea Municipal del Poder Popular (el poder legislativo local), y contiene:

- La definición de los escenarios productivos donde existen las principales potencialidades para producir y consumir energía a partir de fuentes renovables, ubicadas en un programa estratégico a corto y a mediano plazos.
- La selección de las tecnologías de producción y utilización de energía más apropiadas para cada escenario seleccionado.
- La consideración de las potenciales fuentes y modalidades de financiamiento que pueden ser apropiadas para cada una de las acciones que se deben desarrollar.

El resultado final es disponer de un programa estratégico, con sus acciones, que sirva de instrumento de apoyo a la toma de decisiones del Consejo de Administración Municipal y de los organismos estatales en el territorio, y, de esa forma, contribuir al desarrollo local y a la mejora de la calidad de vida de la población; así como disponer de experiencias y resultados en la utilización de los SPIAE para incidir en los cambios de las políticas energéticas locales y nacionales, que promuevan la producción y el uso de las fuentes renovables de energía y faciliten la replicación de experiencias en otros municipios.

Sin embargo, para el fomento de los SPIAE en Cuba es necesario vencer varias barreras, entre las que se destacan las siguientes:

- La inversión necesaria para adquirir el equipamiento de generación y conversión de energía, y el acceso a mecanismos de financiamiento—como microcréditos—, se hacen complejos, principalmente para los pequeños productores. Actualmente, en su solución contribuyen varios proyectos internacionales como BIOMAS-CUBA, AGROENERGÍA y

BASAL; pero aun el financiamiento es insuficiente para crear las condiciones iniciales del fomento de los sistemas productivos.

- La inexistencia de cadenas de suministro y de valor asociadas a la producción integrada de alimentos y energía.
- Los inexistentes canales comerciales y mecanismos de precio para la energía producida a partir de la biomasa y de sus coproductos (bioabonos y bioproductos).
- La necesidad de elaborar normas para los procesos tecnológicos, y para la calidad de los productos de la agroenergía y su uso; además de fichas de costo y regulaciones para precios de venta y canales de comercialización.
- El grado de complejidad de algunos SPIAE exige apreciables niveles de conocimiento, habilidades e innovación, lo que es solucionable con la implementación de sistemas descentralizados de capacitación y de apoyo técnico.
- Las políticas que promueven los SPIAE, que podrían incluir la entrega de equipos e insumos subsidiados o a precio de costo –su uso posibilitaría sustituir las importaciones de combustible, alimentos, incentivos financieros e impositivos, créditos blandos, apoyo técnico, entre otros–, se están comenzando a formular en Cuba, por lo que aún no se dispone de un apropiado marco político y regulatorio que las acompañe. Un ejemplo de ello son las políticas recientes del Ministerio de la Agricultura para el fomento de la producción de biogás y biodiésel.

Por otra parte, y considerando la escala, los SPIAE no complejos se pueden establecer rápidamente en un gran número de fincas (algunos ejemplos exitosos son los programas de biodigestores en China, India y Nepal, abordados por Bogdanski *et al.*, 2011); mientras que los proyectos a gran escala se pueden lograr con una inversión, lo que se decide en función de la capacidad financiera y del marco de tiempo necesario para el proceso inversionista. El principio general es que el incremento de la complejidad requiere un mayor conocimiento, una intensa y continua asistencia técnica, así como una alta inversión en tecnología y mercados durante un amplio periodo de tiempo.

Sin embargo, en determinados casos se puede comenzar de un escalado mínimo e ir incrementando las capacidades, ya que los grandes sistemas pueden estar compuestos por otros de pequeña escala. Este el caso de las pequeñas fincas con jatropha, las cuales venden materia prima a una granja o

cooperativa que disponga de plantaciones de mayor dimensión, y una planta de procesamiento de biodiésel, que procesa los frutos propios y comprados mediante contratos con campesinos y/o arrendatarios de tierras en usufructo. Dicho sistema es relativamente flexible, pero requiere una mayor gestión en todos los niveles (proveedores, producción y comercialización).

CONCLUSIONES

Los sistemas de producción integrada de alimentos y energía constituyen un tratamiento conceptual y práctico que ha irrumpido en la literatura internacional reciente, como una alternativa ambiental y socialmente sostenible que contribuye con la seguridad alimentaria y energética, la resiliencia de los sistemas agropecuarios y la eficiencia de los recursos –especialmente el uso de la tierra–, así como con la mitigación y adaptación al cambio climático.

Cuba, al igual que otros países, necesita promover dichos sistemas y dispone de algunas experiencias en sus primeros estadios, como son las promovidas por la concepción de fincas agroenergéticas del proyecto BIOMAS-CUBA, lo cual debe ser reforzado en el nuevo contexto del sector agropecuario y del desarrollo local y rural cubano, otorgando un papel clave a los actores locales y las comunidades.

Actualmente, el fomento de los SPIAE en Cuba, donde la seguridad alimentaria, la sustitución de combustibles importados y el medioambiente son prioridades para el Gobierno y la sociedad, debe estar acompañado por políticas y estrategias nacionales y locales, para asegurar su sostenibilidad a largo plazo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blanco, D. *Contribución a la transición de fincas agropecuarias a agroenergéticas sostenibles en Cuba*. Tesis de Maestría en Pastos y Forrajes. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 2012.
- Bogdanski, Anne; Dubois, O.; Jamieson, C. & Krell, R. *Making integrated food-energy systems work for people and climate: an overview*. Rome: FAO, 2011.
- Cepero, L.; Recio, A. A.; Palacios, A.; Iglesias, Y. & Suárez, J. Gasificación de biomasa para la producción de electricidad. La experiencia del proyecto BIOMAS-CUBA. En: J. Suárez y G. J. Martín, eds. *La biomasa como fuente renovable de energía en el medio rural: La experiencia de BIOMAS-CUBA*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 143-149, 2012b.

- Cepero, L.; Savran, Valentina; Blanco, D.; Díaz, M. R.; Suárez, J. & Palacios, A. Producción de biogás y de bioabonos a partir de efluentes de biodigestores. La experiencia de BIOMAS-CUBA. En: J. Suárez y G. J. Martín, eds. *La biomasa como fuente renovable de energía en el medio rural: La experiencia de BIOMAS-CUBA*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 131-142, 2012a.
- Funes-Monzote, F. R.; Martín, G. J.; Suárez, J.; Blanco, D.; Reyes, F.; Cepero, L. *et al.* Evaluación de sistemas integrados para la producción de alimentos y energía en Cuba. En: J. Suárez y G. J. Martín, eds. *La biomasa como fuente renovable de energía en el medio rural: La experiencia de BIOMAS-CUBA*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 181-195, 2012.
- Funes-Monzote, F. R. *Agricultura con futuro. La alternativa agroecológica para Cuba*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 2009.
- Jamieson, C. *An innovative system for zero carbon fuel and food production*. London: Low Carbon Vehicle Partnership, 2008.
- Jamieson, C.; Poole, B.; Howes, P.; Bates, J.; Mistry, P. & Martineau, H. *Closing the loop: optimizing food, feed, fuel and energy production opportunities in the UK*. London: NNFCC, 2010.
- Li, Shi-Zhong. *Meeting the demands of food, feed, and energy by sweet sorghum*. Rome: FAO. Presentation for FAO technical consultation on-how to make integrated food energy systems work and benefit small-scale farmers and rural communities in a climate-friendly way, 2010.
- Nalwaya, K. L. *India's sugar cane cooperative model for rural livelihood, bioenergy and rural development*. Rome: FAO. Presentation for FAO technical consultation on sustainable small scale bioenergy initiatives, 2009.
- Sachs, I. & Silk, D. *Final Report of the Food Energy Nexus Programme of the United Nations University, 1983-1987*. Tokyo: UNU-FEN, 1991.
- Solarte, A. *Experiences in the production and use of alternative energy sources at the farm level in Colombia*. Rome: FAO. Presentation for FAO technical consultation on how to make integrated food energy systems work and benefit small-scale farmers and rural communities in a climate-friendly way, 2010. <http://www.fao.org%2Fbioenergy%2F26372-0553adba01a67df84a632ba07606f6e1b.pdf>.
- Sotolongo, J. A.; Suárez, J.; Martín, G. J.; Cala, Marlenis; Vigil, María; Toral Odalys *et al.* Producción integrada de biodiésel y alimentos: la concepción de una tecnología agroindustrial apropiada para Cuba. En: J. Suárez y G. J. Martín, eds. *La biomasa como fuente renovable de energía en el medio rural: La experiencia de BIOMAS-CUBA*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 100-112, 2012.
- Suárez, J. & Martín, G. J. (Eds.). *La biomasa como fuente renovable de energía en el medio rural: La experiencia de BIOMAS-CUBA*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey, 2012.
- Suárez, J. & Martín, G. J. Producción de agroenergía a partir de biomasa en sistemas agroforestales integrados: una alternativa para lograr la seguridad alimentaria y la protección ambiental. *Pastos y Forrajes*. 33 (3):1-19, 2010.
- Suárez, J.; Martín, G. J.; Sotolongo, J. A.; Rodríguez, E.; Savran, Valentina, Cepero, L. *et al.* Experiencias del proyecto BIOMAS-CUBA. Alternativas energéticas a partir de la biomasa en el medio rural cubano. *Pastos y Forrajes*. 34 (4):473-496, 2011.
- Tilman, D.; Socolow, R.; Foley, A.; Hill, J.; Larson, E.; Lynd, L. *et al.* Beneficial biofuels -the food, energy, and environment trilemma. *Science*. 325:270-271, 2009.

Recibido el 2 de agosto de 2013

Aceptado el 25 de mayo de 2014