

**Colección de Estudios Casos**  
**Experiencias en el Enfrentamiento del Cambio Climático**

---

**La llama azul del biogás (1)**  
**Bioenergía para la mitigación y la adaptación a nivel municipal**



### **Autores**

Dr.C. Jesús Suárez Hernández<sup>1</sup>, MV Maikel Hernández Aguilera<sup>2</sup>,

M.Sc. Valentina Savran<sup>3</sup>, M.Sc. Guillermo González Telles,

Lic. Abel Peña Alfonso, 4 Dr.C. Giraldo J. Martín Martín<sup>1</sup>

### **Edición**

Dr. Eduardo O. Planos Gutiérrez<sup>11</sup>

Esta obra fue financiada por el proyecto internacional “*Tercera Comunicación Nacional y Primer Reporte de Actualización Bienal a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático*”, implementado en Cuba por el PNUD con fondos del GEF.

Los puntos de vistas expresados en esta publicación son de los autores y no necesariamente representan los del Sistema de Naciones Unidas o de las instituciones donde ellos trabajan

Se prohíbe la reproducción total o parcial del contenido de esta obra, sin la expresa autorización de la Estación experimental Indio Hatuey del Ministerio de Educación Superior de Cuba

Derechos reservados conforme la Ley:

© Estación experimental Indio Hatuey

ISBN: 978-959-300-194-6



Cítese como

Suárez, J; M. Hernández; López, A, V. Savran y G, González; A, Peña y G. Martín (2020). La llama azul del biogás 1: Bioenergía para la mitigación y la adaptación a nivel municipal. Colección de Estudios de Casos “Experiencias en el enfrentamiento del Cambio Climático”. La Habana, Cuba, 27 pp.

---

1. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, Cuba; 2. Delegación Municipal de la Agricultura, Urbano Noris, Holguín, Cuba; 3 Comité Operativo Local del Proyecto Biomasa-Cuba, Cabaiguán, Sancti Spiritus, Cuba; 4. Filial Universitaria Municipal en Martí, Universidad de Matanzas, Cuba, 5 Centro de Desarrollo Local, Gobierno Municipal de Manatí, Las Tunas, Cuba

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	4
PRODUCCIÓN INTEGRADA DE ALIMENTOS Y ENERGÍA .....	4
Formulación de la EMPIAE .....	6
Municipio Cabaiguán, Sancti Spíritus .....	15
IMPACTO LOCAL DE LA PRODUCCIÓN INTEGRADA DE ALIMENTOS Y ENERGÍA .....	21
Impacto productivo y económico .....	22
Impacto social y ambiental.....	23
¿Qué se ha transferido al sector productivo y cómo se ha realizado?.....	24
REFERENCIAS.....	28

## **INTRODUCCIÓN**

Lograr de forma integrada la seguridad alimentaria, la soberanía energética y la protección del medioambiente, incluida la mitigación y adaptación al cambio climático, es un reto que continúa vigente a escala internacional y en Cuba; esta es la intención de la agroenergía o bioenergía en el contexto rural. A este propósito contribuye el proyecto Internacional Biomasa-Cuba, liderado por la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, y financiado por la Agencia Suiza para la Cooperación y el Desarrollo, que se ejecuta en Cuba desde 2009, con su enfoque estratégico de la producción integrada de alimentos y energía (PIAE) a escala local, en el marco de intensos procesos de investigación, de desarrollo de tecnologías y de innovación, así como del monitoreo y evaluación del impacto de la PIAE a escala local.

Biomasa-Cuba se ha ejecutado en dos fases: desde 2009 hasta 2012 y entre 2013 y 2017, en diversos municipios de las provincias cubanas de Guantánamo, Santiago de Cuba, Holguín, Granma, Las Tunas, Sancti Spíritus y Matanzas. La tercera fase comenzará a finales de 2017 hasta 2020.

El Proyecto concentró su primera fase en demostrar que era pertinente y factible la transferencia y adopción de tecnologías asociadas al biogás, el biodiésel y la gasificación de biomasa en escenarios productivos del medio rural cubano; mientras que en la segunda se transitó hacia la escala del municipio con la formulación e implementación de estrategias locales para la producción integrada de alimentos y bioenergía en seis municipios cubanos de cinco provincias.

La Fase I del proyecto Biomasa-Cuba (2009-2012) se enfocó en la demostración de tecnologías agroenergéticas apropiadas en los escenarios productivos (biogás, biodiésel y gasificación de biomasa); sin embargo, en su segunda fase (2013-2016) se genera un tránsito desde el sistema productivo al municipio, con una prioridad en la formulación e implementación de estrategias municipales de producción integrada de alimentos y energía (EMPIAE), dirigidas a lograr seguridad alimentaria, generar energía a partir de la biomasa, tratar y aprovechar residuales contaminantes, mejorar suelos degradados y generar ingresos, empleos, capacidades locales e impactos socio-económicos en grupos rurales con menor acceso a la energía, mejorar las condiciones de vida en el medio rural, así como contribuir a la mitigación y a la adaptación al cambio climático. Actualmente se implementa la Fase III.

Estas estrategias se formularon e implementaron en los seis municipios donde actúa Biomasa-Cuba, de forma integral: Martí y Calimete (al noreste de la provincia de Matanzas), Cabaiguán (noroeste de Sancti Spíritus), Manatí (noreste de Las Tunas), Urbano Noris (suroeste de Holguín) y Guantánamo (suroeste de Guantánamo).

## **PRODUCCIÓN INTEGRADA DE ALIMENTOS Y ENERGÍA**

La EMPIAE 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 mediano plazos.
- La selección de las tecnologías de producción y utilización de fuentes energéticas 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 a desarrollar.

El resultado final fue disponer de un programa estratégico, con sus acciones, que sirva de instrumento de apoyo a la toma de decisiones de los Consejos de Administración Municipal (CAM) 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 sistemas de producción integrada de alimentos y energía (SPIAE), para incidir en los cambios de 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.

En el marco de la implementación del proyecto Biomasa-Cuba se hizo necesario, en el contexto cubano, conceptualizar la producción integrada de alimentos y energía (PIAE), como «la producción integrada de alimentos y energía es un proceso que integra en una explotación agropecuaria la producción de alimentos de origen vegetal y(o) animal y la generación de energía a partir de fuentes renovables, con bases agroecológicas, lo cual exige el desarrollo y mejora de tecnologías e innovaciones, para contribuir a la seguridad alimentaria y la sostenibilidad energética a escala local, mejorar la calidad de vida rural y proteger el medioambiente» (Suárez, 2015). Esta conceptualización de la PIAE tiene como principal referente internacional el enfoque de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), promovido por Bogdanski *et al.* (2010) y Bogdanski (2012).

Al respecto, la EMPIAE se define, para las condiciones cubanas, como «un proceso que permite definir metas, objetivos, políticas y planes a mediano y largo plazos para promover la producción integrada de alimentos y energía a partir de fuentes renovables a escala local, que implica tomar decisiones y asignar recursos, considerando las capacidades y recursos, distintivos o no, que posee el municipio y su entorno. Dicho proceso es implementado por el Gobierno en sinergia con otros actores locales, para impulsar la producción de alimentos, reducir los costos productivos y energéticos, así como mejorar el medioambiente, la gobernabilidad y la calidad de vida de la población» (Suárez, 2013).

## Formulación de la EMPIAE

Considerando el marco metodológico elaborado para la formulación de la EMPIAE, se comenzó por una caracterización del municipio, que debe incluir la ubicación geográfica, extensión territorial, principales datos demográficos, características económico-productivas y de desarrollo social, distribución y utilización de las tierras y el agua, principales sectores económicos, situación ambiental (suelos, aguas, biodiversidad, contaminación), así como principales potencialidades y limitaciones. Posteriormente, se elabora el árbol de problemas/potencialidades, que considera las causas de esos problemas/potencialidades y sus condicionantes, tanto subjetivas, como materiales y de mediación en ambos casos.

Las EMPIAE se formularon a partir de 2013 en seis municipios, con especificidades en cada uno:

- En Guantánamo se concentró en la granja agropecuaria Paraguay y en las instalaciones agroindustriales del Grupo Empresarial Labiofam, específicamente en el fomento de áreas de *Jatropha curcas* asociada a cultivos alimenticios y a la mejora de la planta de producción de biodiésel instalada a partir del fruto de esta arbórea.
- En Urbano Noris y Manatí el énfasis fue promover la producción de alimentos de origen animal y vegetal, así como la utilización del biogás.
- En Cabaiguán se continuó priorizando la producción agropecuaria, la construcción de biodigestores para el tratamiento de residuales animales y la utilización del biogás Predominio de suelos poco o muy poco productivos: el 91 % del total del municipio.
- El 19 % de los suelos están afectados por erosión media, el 16 % por salinidad entre media y muy fuerte (a nivel provincial es del 7 %) y el 77 % de los suelos por drenaje entre moderado y deficiente (28 % en la provincia).
- Bajo promedio histórico de lluvia, 1 002 mm al año, el más bajo de la provincia (media: 1 323 milímetros); sin embargo, se producen inundaciones por intensas lluvias en zonas llanas, bajas y de suelos poco permeables en la cuenca del río Cauto.
- Elevada vulnerabilidad por peligros de sequía y aridez, así como de nivel medio por riesgos de movimientos sísmicos.
- Influencia negativa del cambio climático.
- Incidencia de plagas y enfermedades.
- como fuente de energía, así como su distribución a diversas comunidades rurales.
- En Calimete la estrategia se concentró en la producción agropecuaria y los biodigestores, pero se añadió la gasificación de la cáscara de arroz para la generación de energía.
- En Martí la prioridad fue la construcción de biodigestores de laguna tapada de grandes dimensiones para el tratamiento de residuales en centros de producción porcina y la generación de electricidad, así como la gasificación de la cáscara de arroz para generar calor destinado al secado de este grano.

De estos municipios se utiliza el de Urbano Noris como caso de aplicación del esquema metodológico. En dicho territorio el problema principal identificado, en el marco de un trabajo grupal con diversos actores locales, fue: Insuficiencias en la producción de alimentos, la generación de energía a partir de fuentes renovables, su integración, el autoabastecimiento municipal y el aprovechamiento de potencialidades locales para el incremento en cada uno de estos aspectos, y sus diversas causas se plasman en el Cuadro 1.

En el trabajo grupal se consideró que la principal condicionante de las causas subjetivas son la existencia de deficiencias en el proceso de implementación de los Lineamientos de la Política Económica y Social (PCC, 2011).

Referente a las condicionantes de las causas materiales, las mismas se subdividieron en condicionantes naturales y económicas. Las primeras abarcan las siguientes:

Las condicionantes económicas identificadas fueron las siguientes: 1) insuficientes incentivos económicos y limitaciones financieras; 2) afectaciones del bloqueo económico, comercial y financiero de los EE.UU., altos precios de los combustibles en el mercado internacional y la crisis económica mundial; 3) la migración de fuerza calificada del municipio hacia sectores más atractivos; 4) existencia de deudas en unidades productivas agropecuarias, y 5) falta de personal calificado en la agricultura.

Cuadro 1. Causas subjetivas, materiales y de mediación del problema principal identificado en el municipio Urbano Noris.

Materiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemas de recursos, equipos, instalaciones e infraestructuras</li> <li>• Carencias de recursos básicos (equipos, semillas, combustibles) que afectan la producción de alimentos y energía a partir de fuentes renovables.</li> <li>• Mal estado tecnológico y obsolescencia de equipos en el sector agropecuario.</li> <li>• Insuficiente cantidad, producción y niveles de recuperación de los 13 organopónicos (54 %).</li> <li>• Insuficiente recuperación de la ganadería.</li> <li>• Carencia de instalaciones que garanticen un flujo zootécnico adecuado y atenciones veterinarias al ganado.</li> <li>• Insuficiente suministro de materias primas para las producciones agroindustriales.</li> <li>• Escaso atractivo de los empleos en zonas rurales. Insuficiencia de servicios sociales en áreas rurales.</li> <li>• Mal estado de los caminos agropecuarios.</li> <li>• Problemas ambientales</li> <li>• Muy bajo índice de boscosidad: 8,5 %, segundo más bajo de la provincia.</li> <li>• Daños al medioambiente y la diversidad biológica en la cuenca del río Cauto.</li> <li>• No aprovechamiento de potencialidades</li> <li>• Residuales del central azucarero y la destilería para producir energía y bioabonos.</li> </ul>
------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencialidades hídricas para el riego de las áreas cultivadas y el desarrollo de la acuicultura.</li> <li>• Los tres cotos genéticos ganaderos del municipio.</li> <li>• Los subproductos agroindustriales en la alimentación animal.</li> <li>• La sede universitaria para la formación de profesionales en el sector agropecuario.</li> </ul>
De mediación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deficiencias en el manejo, conservación y protección de las áreas forestales.</li> <li>• Deficiencias en la aplicación de medidas apropiadas para la eliminación y tratamiento de focos contaminantes.</li> <li>• Carencia de un ambiente de participación integrada de todos los actores del Plan.</li> <li>• Insuficiencias en la comunicación, coordinación, cooperación y aprovechamiento de sinergias entre algunos actores.</li> <li>• Insuficiencias en el manejo y rehabilitación de los suelos.</li> <li>• Desaprovechamiento del suelo agrícola y uso no acorde con su vocación natural.</li> <li>• Deficiencias en el control del cumplimiento de obligaciones y la aplicación de normas, controles, regulaciones y leyes por entidades estatales.</li> <li>• Pobre atención al hombre y la mujer referente a las condiciones y medios de trabajo y de protección, pobre estimulación moral y material.</li> </ul>
Subjetivas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deficiencias en el trabajo de empoderamiento e integración de los actores del Plan Estratégico del municipio.</li> <li>• Desaprovechamiento de oportunidades que ofrecen los sistemas crediticios, de subsidios y seguros para el sector agropecuario.</li> <li>• Incomprensiones de la importancia y necesidad de aprovechar las potencialidades de los proyectos de colaboración, desarrollo local y otras vías de financiamiento</li> </ul>

Las principales condicionantes de las causas de mediación fueron la existencia de un marco de leyes, normas y regulaciones que no se corresponde con las exigencias de los actuales cambios económicos y la centralización en la toma de decisiones relacionadas con estructuras, precios y financiamiento en divisas.

Con estos insumos se inicia el Diseño de implementación, que incluye la formulación de los objetivos estratégicos, las soluciones integradas y las soluciones para los problemas subjetivos y de mediación. Los objetivos estratégicos se orientaron a la solución de la Necesidad a satisfacer, a la creación de la Articulación y al logro de la Finalidad.

Objetivos Estratégicos orientados a la solución de la Necesidad:

1. Fomentar la producción agrícola sostenible, la generación de energía a partir de fuentes renovables (FRE), la diversificación de los renglones productivos y las soluciones integradas, en lo esencial con recursos y otros medios locales. Ello incluye el reforzamiento de las redes de productores y actores relacionados en varios niveles, mediante la promoción del uso de las FRE, el desarrollo de experiencias para la promoción del biodiésel, el biogás y la gasificación de la biomasa, así como la demostración de la factibilidad económica y ambiental de la producción integrada de energía y alimentos.



2. Reforestar los suelos de alta fragilidad y las cuencas de los ríos, particularmente del Cauto, sobre todo con bambú y piñón botija (*Jatropha curcas*), utilizar las semillas de la última en la producción de biodiésel y emplear bioabonos producidos a partir de los efluentes de biodigestores.

Objetivo Estratégico orientado a la creación de la Articulación:

3. Fortalecer las capacidades de los actores locales para la gestión integrada (planificación, organización, ejecución, monitoreo y evaluación) de la estrategia de desarrollo local, y la implementación de una política pública con enfoque local e integrador que permita masificar el uso de las FRE.

Objetivo Estratégico orientado al logro de la Finalidad:

4. Mejorar el nivel de vida de mujeres y hombres mediante el incremento de empleos e ingresos, el acceso a equipos e insumos productivos, superiores condiciones de trabajo, la disponibilidad del servicio de cocción con biogás y la mejora de las condiciones ambientales del hábitat en los asentamientos, cooperativas y fincas integrantes del Plan Estratégico.

Asimismo, el esquema de la propuesta de soluciones integradas se muestra en la figura 1, el cual sigue el flujo siguiente: identificar cada recurso a aprovechar y su ubicación, las propuestas de soluciones tecnológicas —incluye el incremento de redes— y de financiamiento, su aporte al incremento en la producción de alimentos, la generación de energía y en la reducción del consumo de combustibles fósiles, así como la población que se beneficia y las mejoras en la calidad de vida y del medioambiente, con lo que se vuelve a iniciar este ciclo. Cada solución integrada dispone de una ficha, que incluye todos los datos antes mencionados.

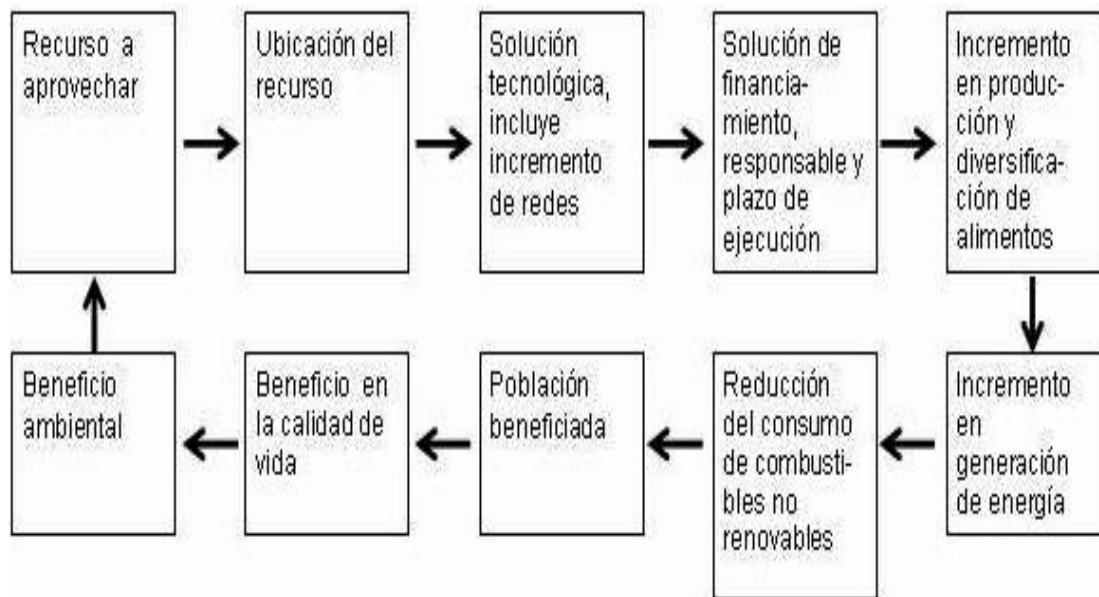


Figura 1. Propuesta de soluciones integradas para la implementación de la EMPIAE.

Además, se establecieron las soluciones para los problemas subjetivos y de mediación, con sus responsables y participantes (Cuadro 2).

El Monitoreo y Evaluación local del Plan Estratégico asociado a la EMPIAE se concibe como uno de los cuatro procesos interdependientes del ciclo de gestión (planificación-organización-ejecución-control/evaluación), y consiste en: 1) un seguimiento operativo quincenal, por parte del Equipo Gestor y el CAM, de la marcha de las acciones y el presupuesto planificados; 2) un control técnico y de retroalimentación mensual, y 3) una evaluación-reflexión integral trimestral de los resultados del Plan (los dos últimos pasos se realizan con la presencia de los actores principales).

Toda esta labor generó la Estrategia Municipal de Producción Integrada de Alimentos y Energía del municipio Urbano Noris (DMPF-MINAG-CAM, 2014), formulada por diversos actores locales, catalizada por el proyecto Biomasa-Cuba y aprobada en la Asamblea Municipal del Poder Popular para otorgarle una institucionalización.

Dicha estrategia se plasma en un documento que contiene los aspectos siguientes:

La caracterización del municipio.

- Las potencialidades y restricciones del desarrollo socio-económico local (incluye recursos naturales y sociales para el desarrollo; la base económico-productiva; las actividades agropecuaria y agroindustrial; la infraestructura hidráulica, de acueductos, alcantarillado y drenaje pluvial; la población; los riesgos de origen natural, tecnológico y sanitario, y el cumplimiento de normas e instrumentos legales vigentes).
- La síntesis de la problemática, con las potencialidades y restricciones del espacio físico y socio-económico que intervienen en el desarrollo del municipio.
- El análisis externo del sistema agropecuario municipal.
- La propuesta de ordenamiento territorial para el desarrollo municipal.
- Las líneas estratégicas para la base económica-productiva: desarrollo agropecuario; desarrollo agroindustrial; desarrollo de la energía, con énfasis en las FRE, y sus infraestructuras técnicas; desarrollo del sistema de asentamientos humanos, y optimización de los recursos propios.
- El Plan de Acción para la base económica-productiva 2015-2020.

Cuadro 2. Soluciones para los problemas subjetivos y de mediación, municipio Urbano Noris.

<b>Soluciones</b>	<b>Responsable</b>	<b>Participantes</b>
Implementar un Plan de Actividades para fortalecer el empoderamiento, fomentar un ambiente de trabajo que favorezca la participación integrada, aprovechar las sinergias que se pueden crear entre los actores del Plan, y divulgar las oportunidades que ofrecen los sistemas crediticios, de subsidios y de seguros, para el sector agropecuario, y los proyectos de colaboración, desarrollo local y otras vías de financiamiento.	Grupo de Comunicación a crear	Grupo Gestor, entidades bancarias y el CAM
Implementar un Plan de Gestión Integrada para el manejo de las áreas forestales, la rehabilitación y uso racional de los suelos, así como garantizar el cumplimiento de las medidas establecidas para la eliminación de focos contaminantes y el aprovechamiento de la biomasa.	Grupo de Gestión Integrada a crear	Empresa Forestal, MINAG, CITMA y entidades contaminadoras
Fortalecer el trabajo de control del cumplimiento de obligaciones, normas, regulaciones y leyes por entidades estatales.	CAM	Entidades municipales
Implementar un Plan de Atención para el mejoramiento de las condiciones y medios de trabajo, los medios de protección, y la estimulación moral y material en las áreas rurales.	MINAG	CAM

Referente al Plan de Acción de este municipio, en el municipio se previeron construir 15 biodigestores financiados por Biomasa-Cuba, con una capacidad total de 310 m<sup>3</sup>, pertenecientes a siete cooperativas, para tratar las excretas vacunas y porcinas y producir energía y bioabonos.

Por otra parte, a la formulación de la EMPIAE también contribuyó una guía metodológica para su formulación (Suárez, 2013), la cual utiliza como insumos la estrategia de desarrollo local, la estrategia municipal de producción alimentaria, las prioridades de fomento de las FRE —y sus programas de inversiones previstos—, la demanda de alimentos y de energía en el medio rural a mediano plazo, así como las características y proyecciones de desarrollo de cada escenario agropecuario y las fuentes de biomasa aprovechables para producir energía (cantidad de animales actuales y perspectivas, residuos agrícolas y forestales, tierras actualmente no utilizables). Dicha guía, como apoyo a la implementación de la EMPIAE, sugiere las acciones siguientes:

- Definir todos los escenarios productivos donde existen potencialidades, tanto para producir como para consumir FRE (biogás, biodiésel, gasificación de biomasa, pellets, eólica, energía solar fotovoltaica y térmica).
- Seleccionar qué tecnologías de producción y utilización de las FRE son las más apropiadas para cada escenario.
- Evaluar qué capacidades y recursos existen y cuáles son necesarios resolver/potenciar/ aprovechar, para promover la producción integrada de

alimentos y energía (teniendo en consideración las experiencias previas con FRE, especialistas capacitados, fincas demostrativas, etc.), reduciendo/eliminando el consumo de energía fósil e incluso generar para el sistema electroenergético, en muchos casos.

Referente al plan estratégico y sus acciones concretas a corto, mediano y largo plazos que permita la implementación de la EMPIAE; la guía sugiere:

- Analizar las acciones, tanto para producir como para consumir energía a partir de las FRE, definidas en cada escenario productivo, y ubicar cada una en un programa estratégico a corto (2014-2016), mediano (2017-2018) y largo (2019-2020) plazos (en el corto plazo están las acciones realizadas por Biomasa-Cuba, pero se deben incluir las que se realizan en escenarios que generan un alto impacto ambiental, son altos consumidores de energía y tienen biomasa disponible y(o) pueden mejorar la calidad de vida de la población y sus trabajadores).
- Elaborar la matriz energética municipal actual, así como de las principales organizaciones productivas agropecuarias (disponer de información sobre consumos de los diferentes portadores energéticos, como combustibles líquidos, gaseosos y sólidos, y electricidad).
- Considerar, en un análisis preliminar, las potenciales fuentes y modalidades de financiamiento que pueden ser apropiadas para cada una de las acciones.

En cuanto a la definición de los principales escenarios productivos con potencialidades para producir y consumir energías generadas con fuentes renovables, la selección de las tecnologías de producción y utilización más apropiadas para cada escenario, el otorgamiento de prioridades, las potenciales fuentes y modalidades de financiamiento, y el impacto que generaran, se puede asumir como ejemplo el análisis preliminar realizado por un grupo de trabajo en el municipio de Urbano Noris (Cuadro 3).

Cuadro 3. Acciones de fomento de las FRE asociadas a la PIAE en el municipio Urbano Noris.

Acciones	Resultados esperados y población beneficiada	Responsable y fecha
Construir biodigestor en la finca agroeco-lógica La Trocha, UEB Estrada, con 100 toros de ceba, para entregar biogás a viviendas	Eliminar la contaminación y suministrar energía a 20 viviendas de la comunidad Estrada	MINAG 2015
Construir biodigestor de 40 m <sup>3</sup> en el coto genético El Rescate, sin servicio eléctrico, con 150 vacunos, para generar electricidad	Eliminar la contaminación y suministrar energía limpia a una vivienda de la comunidad Estrada	MINAG 2015
Construir biodigestor en la vaquería de la UBPC "Félix Rojas", con 150 vacunos y equinos, para entregar biogás a viviendas	Eliminar la contaminación y suministrar energía limpia a 15 viviendas de la comunidad San Francisco	AZCUBA 2015
Construir biodigestores en convenios	Eliminar la contaminación	MINAG 2015-

porcinos para generar energía y apoyar la producción de alimentos	ambiental y apoyar la producción local de alimentos destinada a los 41 963 habitantes del municipio	2017
Construir laguna tapada para el tratamiento de mostos de la destilería, junto al Consejo Popular San German	Eliminar la alta contaminación ambiental generada por 120 m <sup>3</sup> /hr de mostos (residuales de la producción de alcohol a partir de las melazas de caña de azúcar), durante cuatro meses, y utilizar el biogás en la generación de electricidad para abastecer a la destilería y a los pobladores	AZCUBA 2017-2019
Limpiar 300 ha cubiertas de marabú y uso en un gasificador para generar electricidad. En el área liberada plantar <i>Jatropha curcas</i> asociada a cultivos e instalar una planta de biodiésel destinado al sector agropecuario en la comunidad Estrada	Recuperar suelos ocupados por el marabú, generar electricidad destinada a 3 000 personas y producir alimentos y biodiésel para uso agropecuario	MINAG 2017-2020
Instalar un gasificador para generar electricidad a partir de paja de caña en el Centro de Acopio La Vega.	Procesar 20 000 t de paja de caña para generar electricidad destinada a los 41 963 habitantes del municipio. Actualmente, su quema provoca afectaciones a la comunidad cercana	AZCUBA 2018-2019

Un proceso similar se desarrolló en el municipio Manatí, pero se incluyó la posible variante de financiamiento. El mismo enfoque se utilizó por los actores locales en Calimete, Cabaiguán y Guantánamo, de ellos los dos primeros territorios disponían de una estrategia de desarrollo local (CAM Manatí, 2010; CAM Calimete, 2013).

En el caso del municipio Martí, las condiciones de partida fueron más favorables, ya que, además de disponer de su estrategia de desarrollo local (CAM Martí, 2012), poseía un programa de desarrollo integral y un programa marco detallado para el desarrollo agropecuario local (CAM Martí, 2014a; 2014b).

Sin embargo, es un territorio con elevados problemas ambientales, que constituirían un gran reto para la PIAE, como los siguientes:

- Alta degradación de los suelos (1 000 ha están erosionadas) y salinización (5 000 ha).
- Deficiente drenaje de los suelos (27 000 ha) y escasas precipitaciones (es el municipio de la provincia donde menos llueve).
- Gran carga contaminante, generada fundamentalmente por la producción porcina estatal, cooperativa y privada (36 000 animales, 30 000 se concentran en cuatro centros integrales porcinos), que generan 143 t/año de excretas y con un potencial de 5 700 m<sup>3</sup>/día de biogás.

- Otra fuente contaminante: el molino de arroz de Hoyo Colorado, con 2 300 t/año de cáscaras.
- Muy escasa la generación de energía a partir de fuentes renovables.

En este sentido, en el municipio de Martí se definieron las acciones de PIAE siguientes:

- Instalación de biodigestores de laguna tapada en tres grandes centros porcinos y de un gasificador de biomasa en el secadero de arroz de Hoyo Colorado, como parte de las acciones de Biomasa-Cuba, lo cual soluciona la elevada carga contaminante en los cuatro escenarios y crea capacidades de generación de 180 kWh de energía eléctrica, a partir de la instalación de grupos electrógenos en los cuatro escenarios.
- Fomento de 200 ha de *Jatropha curcas* asociada a cultivos de ciclo corto, e instalación de una planta de producción de biodiésel, en la CPA Abel Santamaría, financiado por el proyecto Agroenergía (Unión Europea y Oikos).
- Diseño y construcción de biodigestores. En una primera fase, financiada por el proyecto Agroenergía, fueron 28 biodigestores, con 968 m<sup>3</sup> de capacidad total, en la anterior cooperativa y en las CCS Porfirio Cabrera, Lázaro Soto, Pedro González, Ciro Redondo, Luis Ridel González y Camilo Cienfuegos.
- Aprovechamiento de los efluentes de todos los biodigestores como bioabonos, así como la producción de 80 t/año de bioproductos de uso agropecuario para sustituir agroquímicos contaminantes.
- Instalación de 20 aerobombas (también denominados molinos de viento) para el bombeo de agua de consumo animal en instalaciones ganaderas.
- Limpieza de 3 701,2 ha de tierras ociosas e infestadas con plantas invasoras, de las cuales se destinarán a la producción de viandas 1 806,8 ha, 1 716,9 ha a granos, 171,9 ha a hortalizas y 5,6 ha a frutales.
- Producción de 120 t/año de alimento animal, que sustituirán concentrados importados.
- Creación de nuevos 164 empleos, de ellos, 80 para mujeres y jóvenes.

Las acciones propuestas en cada municipio tienen mucho en común, ya que poseen los mismos Problemas de desarrollo:

- Déficit financiero.
- Insuficiente producción de alimentos (bajos rendimientos agropecuarios y tierras ociosas).
- Suelos afectados por salinidad y con degradación, debido a prácticas excesivas de monocultivos, mal manejo y uso de fertilizantes y pesticidas químicos.
- Contaminación de aguas subterráneas y superficiales, así como emisiones de gases de efecto invernadero y sistemas inefectivos de tratamiento de residuales. En ello inciden los convenios porcinos y la producción vacuna.
- Envejecimiento de la población dedicada a la producción agropecuaria. Escasa incorporación de jóvenes.
- Deforestación del territorio por la tala indiscriminada a través de la historia.

- Déficit de fuerza de trabajo en la agricultura y emigración de fuerza de trabajo, en muchos casos calificada, hacia sectores más atractivos, como el turismo y el petróleo. Insuficiente capacitación.
- Uso insuficiente de fuentes renovables de energía.
- Descapitalización tecnológica y en infraestructura de la producción agropecuaria. Insuficiente equipamiento existente.
- Desastres naturales, principalmente huracanes, tormentas tropicales, fuertes lluvias y sequías más prolongadas.
- Insuficiente cultura ambiental en algunos decisores locales.

Igualmente, los municipios tienen, de forma general, similares Oportunidades de desarrollo:

- Voluntad política en el Gobierno local.
- Disponibilidad de fuerza calificada, principalmente de las especialidades industriales.
- Gran cantidad de centros y convenios porcinos generadores de excretas, ello exige priorizar su tratamiento y es una oportunidad para la producción de energía y bioabonos.
- La existencia de tierras ociosas es una oportunidad. Implementación del Decreto-Ley 300 de entrega de tierras ociosas en usufructo y del Programa de Agricultura Urbana y Suburbana.
- Varios proyectos de desarrollo local e internacionales trabajando en sinergia en los municipios.
- Existencia de centros universitarios municipales, con fortalezas en el área de innovación tecnológica.
- Fuerte movimiento cooperativo y campesino, con prácticas agroecológicas y graduados universitarios.
- Potencial aún no explotado para la producción agrícola y ganadera, así como la generación de energía a partir de la biomasa.
- Aumento del precio de los productos agropecuarios.

### **Municipio Cabaiguán, Sancti Spíritus**

Cabaiguán es un municipio de la provincia de Sancti Spíritus, en la zona central de Cuba, con una extensión de 596 km<sup>2</sup>, 65 852 habitantes (el 67 % residen en poblaciones urbanas) y una densidad de 110,5 habitantes por km<sup>2</sup>. El municipio tiene buena comunicación con el resto del país, al ser atravesado por la Carretera Central, el Ferrocarril Central y la Autopista Nacional.

La actividad agropecuaria es predominante en el territorio, basada fundamentalmente en el tabaco, los cultivos varios y la ganadería, aunque también se refina petróleo y se producen aceites básicos. Dicha actividad se organiza en ocho Cooperativas de Producción Agropecuaria (CPA), 29 Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS) y 16 Unidades Básicas de Producción Cooperativas (UBPC), de ellas nueve son pecuarias, tres cañeras y cuatro de cultivos varios. Existe un buen potencial hidráulico, ya que el municipio es atravesado por el río Zaza (cuenca de interés nacional) y sus afluentes Caonao, Calabaza y Tuinucú; además, existen 44

microembalses. En la localidad radica la refinería Sergio Soto, dedicada a cubrir la demanda nacional de lubricantes derivados de la industria petroquímica y empresas importantes, como la de Tabaco Torcido y la Industria de Materiales de la Construcción.

En el municipio las acciones locales adquieren un rol importante en el modelo de desarrollo que se construye actualmente en Cuba. Al respecto, el desarrollo local pretende garantizar el bienestar de la población que vive en el territorio y la satisfacción de sus demandas e intereses.

El Gobierno del municipio dispone, entre sus fortalezas, de una Estrategia de Desarrollo Local que ha contribuido a crear nuevos métodos organizativos, convirtiéndose en un valioso instrumento para la dirección de la localidad. Esta estrategia fue formulada en abril de 2009, se actualizó en 2011 y fue aprobada en la Asamblea Municipal del Poder Popular mediante el acuerdo no. 173 del XIV Período de Mandato. La siguiente actualización se efectuó en abril del 2015 y tiene cinco líneas estratégicas: Producción y comercialización de alimentos, Gestión local del hábitat, Gestión del conocimiento, Desarrollo sociocultural y Mejoramiento de las condiciones ambientales y uso de las FRE.

La implementación de la Estrategia de Desarrollo Local, con la definición de sus líneas estratégicas, ha implicado la formulación de programas que incluyen proyectos y acciones, y se ha convertido en la plataforma de integración que articula todos los proyectos que se realizan en el municipio.

En el contexto de Biomasa-Cuba, aunque ya el proyecto desarrollaba acciones desde 2009 en Cabaiguán (Cepero *et al.*, 2012; Suárez *et al.*, 2012), en 2013 se formuló la EMPIAE, mediante un ejercicio altamente participativo promovido por el proyecto, que incluyó la presencia de los funcionarios del Gobierno, directivos de las empresas y organizaciones involucradas, decisores, campesinos y habitantes de las comunidades. La EMPIAE forma parte de la Estrategia de Desarrollo Local en Cabaiguán y fue aprobada en el Consejo de la Administración Municipal (CAM) en ese año, iniciando su implementación.

La dinámica de desarrollo del municipio, la implementación de las acciones planificadas y las actuales exigencias demandaron realizar su actualización para el período 2016-2020, que fue aprobada en el CAM, en su reunión ordinaria no.17 del 14 de septiembre de 2016, del XVI Período de Mandato, y la misma es un instrumento de apoyo a la toma de decisiones del CAM y los organismos estatales en el territorio, que permite la incorporación de diferentes entidades para la implementación de acciones y crear una articulación para asegurar una gestión municipal integral, eficiente y creativa, así como contribuye a la planificación de inversiones del Gobierno y de las empresas estatales y privadas a corto, mediano y largo plazos. En este sentido, la EMPIAE responde a una visión que posibilite al municipio lograr el desarrollo integrado y sostenible en la producción de alimentos y energía, así como contribuir a la mitigación y a la adaptación al cambio climático, a partir de las potencialidades existentes, lo que contribuye a mejorar la calidad de vida de los habitantes; asimismo, contribuye a la solución de varios de los problemas al desarrollo identificados en el territorio, como los siguientes:



- Insuficiente producción de alimentos, debido tanto a bajos rendimientos agropecuarios, por la existencia de tierras ociosas, como a la presencia de áreas con marabú y otras especies invasoras de poco valor económico.
- Afectación de los suelos sembrados con tabaco y otros cultivos agrícolas, a causa de la aplicación durante años de fertilizantes y pesticidas químicos.
- Degradación de suelos por sobreexplotación y monocultivo.
- Degradación de las áreas de pastizales.
- Contaminación de las cuencas superficiales y subterráneas por residuos orgánicos e inorgánicos.
- Alto grado de deforestación por el desarrollo intensivo de la agricultura y la ganadería.
- Uso insuficiente de fuentes renovables de energía.
- Envejecimiento de la población dedicada a la producción agropecuaria y poca incorporación de jóvenes.
- Escasez de financiamiento.
- Descapitalización tecnológica y de infraestructura del sistema de producción agropecuaria, lo cual se complica con el insuficiente equipamiento existente.

Aunque existen identificados diversos problemas, también existe importantes oportunidades de desarrollo, que constituyen factores endógenos que expresan potencialidades del territorio y/o del país para enfrentar los problemas identificados e impulsar procesos de desarrollo sustentados en la revalorización de factores o recursos locales y nacionales, a través de una utilización óptima de su potencial. Destacan entre estas oportunidades, las siguientes:

- Voluntad política en los actores locales.
- Existencia de materias primas para el desarrollo de mini-industrias locales.
- Potencial de tierras fértiles no utilizadas y recuperación de suelos degradados mediante prácticas agroecológicas.
- Potencial hidráulico para riego y abasto de agua.
- Disponibilidad de un capital humano calificado y experimentado.
- Favorable posición geográfica del municipio y con acceso a las principales vías de comunicación del país.
- Existencia de centros de educación, investigación y servicios a la producción para potenciar el desarrollo agropecuario.
- Importante movimiento cooperativo y campesino, con prácticas agroecológicas.
- La implementación del Decreto-Ley 300 sobre entrega de tierras ociosas y del Programa de Agricultura Urbana y Suburbana.
- Existencia de proyectos nacionales e internacionales que trabajan en sinergia.
- Aumento del precio de los productos agropecuarios.
- Existencia de infraestructura potencial para el desarrollo ganadero, en especial del porcino.
- Existencia de tierras ociosas y de focos contaminantes que son oportunidades para la producción de alimentos y de energía, así como de diversos bioinsumos agropecuarios.

- Posibilidad de extensión de experiencias en el uso de FRE, especialmente del biogás, para disminuir el consumo de portadores energéticos convencionales, así como de la utilización de marabú, otras especies forestales y residuos de la producción agrícola y forestal para generar energía.

#### Resultados de la implementación de la EMPIAE

La EMPIAE en Cabaiguán tiene como su objetivo general promover sistemas productivos agroenergéticos sostenibles, los que se apoyan en cuatro objetivos específicos (OE):

1. Satisfacer las necesidades nutricionales de la población y mejorar su calidad de vida.
2. Diversificar la matriz energética local a partir de la utilización de las FRE.
3. Crear sistemas de servicios e incentivos para la producción integrada de alimentos y energía y la permanencia de la fuerza laboral.
4. Documentar y socializar los resultados de la implementación de la EMPIAE, como parte de la estrategia de desarrollo local.

En este sentido, los resultados de la implementación de la EMPIAE en Cabaiguán con cierre del 2016, apoyada por Biomasa-Cuba, se presentarán en función de los anteriores objetivos específicos (OE).

*OE 1. Satisfacer las necesidades nutricionales de la población y mejorar su calidad de vida.*

Con la implementación de la EMPIAE se han beneficiado 1 500 personas, de forma directa (productores y sus familias, comunidades rurales), y 65 852 habitantes, indirectamente. Estas son personas que han mejorado su nivel de vida y sus condiciones de trabajo. Este beneficio está asociado al aumento de la producción de alimentos y su diversificación (un incremento del 113 % en 2016 respecto a 2010), el acceso a la capacitación y la energía, la creación de 50 nuevos empleos (de ellos 20 para mujeres), mejores ingresos (el salario medio del municipio creció el 12 %, 2010-2016), y el acceso de los productores y sus familias a equipos domésticos para cocción de alimentos, alumbrado y refrigeración a biogás, equipamiento y herramientas agrícolas e insumos. Además, se entregaron a beneficiarios cocinas, ollas arroceras, lámparas, refrigeradores y generadores eléctricos, que consumen biogás, lo cual mejoran las condiciones de vida de las familias y reducen los costos energéticos de la finca y la vivienda, entre el 30 y el 80 %.

Como parte de la contribución a la calidad de vida en el municipio, la utilización de la tecnología de biogás, a partir de la construcción de 115 biodigestores apoyados por Biomasa-Cuba, permite evitar el vertimiento a las cuencas hídricas de una carga orgánica de 182,0 t DBO<sub>5</sub>/año, generada principalmente por excretas porcinas, y reducir las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) hasta 401 t/año y de metano (CH<sub>4</sub>) hasta 70 t/año, ambos gases de efecto invernadero (GEI) que contribuyen al cambio climático (cálculos realizados a partir de la metodología del GEF, 2008). Esas cuencas hídricas están insertadas en la cuenca de interés nacional Zaza (Savran, 2005).

Asimismo, el cambio positivo de la actitud de los productores y habitantes de las comunidades rurales respecto al manejo de residuos y al cuidado del medioambiente, el uso de las FRE, la adopción y asimilación de las tecnologías y alternativas de producción integrada de alimentos y energía, y el uso de prácticas agroecológicas, entre otras, permitió mejorar la calidad de vida y aumentar la conciencia ambiental.

El enfoque de Biomasa-Cuba para apoyar la implementación de la EMPIAE radica en el fomento de sistemas locales de innovación en agroenergía, que se basan en intensos procesos de innovación abierta entre múltiples actores (investigadores, productores, decisores, instituciones estatales y comunidades), donde se promueve un nuevo concepto: la finca agroenergética, se difunden nuevas tecnologías apropiadas y aplicaciones en Cuba, se fomentan redes nacionales e internacionales, y se incide en políticas públicas, todo ello apoyado en la formulación e implementación de estrategias locales de producción integrada de alimentos y energía; asimismo, se favorece la sustitución de importaciones de alimentos y de combustibles, a la vez que se reducen las emisiones de GEI, se eliminan residuales contaminantes y se recuperan suelos degradados, además de contribuir a la adaptación de la agricultura al cambio climático y a la mejora de la calidad de vida rural (Suárez *et al.*, 2014; Suárez y Martín, 2015; 2017).

#### *OE 2. Diversificar la matriz energética local a partir de la utilización de FRE*

El punto de partida para comenzar la diversificación de la matriz energética municipal fue el trabajo conjunto entre el Comité Operativo Local de Biomasa-Cuba, el CAM, diversas instituciones locales, otros proyectos internacionales que actúan en Cabaiguán y especialistas de Cubaenergía, lo que permitió realizar un diagnóstico y la propuesta para realizar acciones que contribuyan a la diversificación de esta matriz a partir del uso de las FRE.

Asimismo, los especialistas del Proyecto y los albañiles especializados que se capacitaron por el mismo, han brindado el servicio de diseño, construcción y operación de biodigestores y sistemas de biogás, incluidas la formación y asesoría a los productores en la tecnología de biogás y otras FRE. Ello permitió que actualmente funcionen 115 biodigestores apoyados por Biomasa-Cuba, que benefician con biogás 295 viviendas y cada hogar reduce el consumo eléctrico del Sistema Electroenergético Nacional (SEN) entre el 30 y el 80 %, como promedio. Estas inversiones permitieron que en el municipio existan 33 comunidades con biodigestores (al menos con uno), lo que representa el 55 % del total de asentamientos poblacionales rurales, donde una parte de sus habitantes disponen de biogás como fuente energética adicional para uso doméstico.

En el municipio existen 140 fincas y unidades productivas que disponen de producción integrada de alimentos y energía, a partir del biogás, el bombeo eólico de agua, calentadores solares de agua, paneles solares fotovoltaicos para generar electricidad y(o) secadores solares.

Se han creado cuatro redes de distribución de biogás que abastecen 90 viviendas y 292 habitantes en las comunidades rurales, una experiencia única en Cuba. La primera comunidad rural servida con biogás es El Colorado, el cual es producido

por dos biodigestores que tratan las excretas porcinas de una granja estatal; el biogás se utiliza en la cocción de alimentos, el calentamiento de agua, el alumbrado y la refrigeración en la granja y en 40 viviendas aledañas, lo cual permite mejorar la calidad de vida de 135 personas, dejar de consumir 11 t/año de leña para la cocción, eliminar 30 500 pesos de gastos y reducir en los hogares el consumo de 3 380 litros anuales de diésel y la energía eléctrica entre el 40 y el 60 %, como promedio, mientras que se deja de consumir 77,2 MWh/año de energía eléctrica del SEN, generando un ahorro total anual de 63 310 pesos y un período de recuperación de la inversión de 1,91 (López *et al.*, 2016). Entre 2017 y 2020 se prevé llegar a nueve redes, que beneficien 507 viviendas con 1 319 habitantes.

De forma general, el consumo de energía a partir de las FRE en las viviendas rurales del municipio de Cabaiguán fluctúa entre el 10 y el 70 %, que es aportada, principalmente, por el biogás, los molinos de viento (también conocidos como aerobombas) y la tracción animal. En Cabaiguán se reducen 300,1 MWh/año en el consumo eléctrico de la red (SEN) debido al uso de biogás en los escenarios de Biomasa-Cuba, y 600 MWh/año con el uso de todos los biodigestores existentes en el municipio, considerando el buen funcionamiento y manejo adecuado de los mismos; ello permite disminuir la carga y las pérdidas en las líneas eléctricas, sobre todo en horarios de mayor consumo.

En este proceso ha sido clave el asesoramiento y la capacitación permanente que realizan los especialistas del Proyecto en todos los escenarios productivos, lo cual ha contribuido a incrementar los conocimientos en los productores y ha mejorado la experiencia práctica y la apropiación social de la tecnología. El proceso de introducción, enseñanza y aprendizaje para el uso de la tecnología de biogás, es un ciclo prolongado y se ha organizado paulatinamente con resultados satisfactorios en la mayoría de escenarios.

### *OE 3. Crear sistemas de servicios e incentivos para la producción integrada de alimentos y energía y la permanencia de la fuerza laboral*

Con el apoyo de Biomasa-Cuba se han creado tres brigadas de albañiles especializados en la construcción de biodigestores y capacidades de diseño de los mismos, de fabricación de filtros de biogás y de instalación de redes de este biocombustible gaseoso y de equipos que lo consumen (Suárez, 2015).

Actualmente se está creando una estructura organizativa que permita brindar a los productores servicios agroenergéticos intensivos en conocimiento e innovación. Asimismo, los principales incentivos logrados han sido el otorgamiento de créditos a productores para el desarrollo de fincas agroenergéticas (Suárez *et al.*, 2011) y la creación de producciones integradas de alimentos y energía a partir de fuentes renovables.

Además, se ha potenciado la presencia de numerosos jóvenes, incluidas mujeres, en las fincas campesinas y como usufructuarios de tierras, así como se brindó apoyo en la formación de varios círculos de interés (Agro-Veterinario, Medio Ambiente, Huerto La Amistad), en escuelas rurales para incrementar los conocimientos y la formación vocacional de los estudiantes.

La diversificación de la matriz energética local con el uso de las FRE permitió enriquecer y ampliar la cultura energética de la población y servir como un incentivo económico para vivir y trabajar en el campo. La introducción de la tecnología de biogás en los escenarios productivos y su apropiación por los productores, campesinos y sus familias, apoyada con una permanente capacitación, permitió mejorar la disciplina tecnológica en los sistemas de tratamiento de residuales, elevar su eficiencia y aumentar la higienización y estética de las fincas y comunidades).

*OE 4. Documentar y socializar los resultados de la implementación de la EMPIAE, como parte de la estrategia de desarrollo local y para la toma de decisiones*

De forma permanente se realiza la divulgación de la implementación de la EMPIAE, con el apoyo del Boletín Biomas al Centro, programas de radio, folletos, documentales, jornadas divulgativas, círculos de interés con niños y adolescentes, concursos de pintura y visitas de campo, en sinergia con otros proyectos internacionales, como PIAL, Agrocadenas, Hábitat y Prodel.

Se han realizado en Cabaiguán numerosas actividades de capacitación, como talleres, conversatorios, encuentros y días de campo, donde participaron más de 1 900 personas, así como se han entregado a los productores folletos, boletines y manuales de usuario para el manejo de los biodigestores y sistemas complementarios de tratamiento de residuos pecuarios.

## **IMPACTO LOCAL DE LA PRODUCCIÓN INTEGRADA DE ALIMENTOS Y ENERGÍA**

La Fase I de Biomas-Cuba (2009-2012) demostró a nivel piloto que es posible generar, a escala de finca, cooperativa, empresa estatal y comunidad, energía a partir de fuentes renovables para apoyar la producción de alimentos, logrando saltos productivos importantes y, al generar más empleos e ingresos, lograr cambios en el nivel de vida de las familias rurales, obteniendo un considerable reconocimiento de las autoridades e instituciones cubanas. La finca o pequeña empresa agroenergética<sup>1</sup> exitosa constituyó el núcleo central de esa fase. El análisis costo-beneficio realizado hasta 2014 arrojó que por 1 CHF (franco suizo) invertido se lograron resultados equivalentes a 2,84 CHF, lo que denota la eficiencia del proceso.

La Fase II (2013-2016) transitó desde el sistema productivo hacia el municipio, como un todo, y se concentró en la formulación e implementación de EMPIAE a partir de fuentes renovables en seis municipios, en conjunto con los gobiernos y otros actores locales. Dichas estrategias se integran a los programas de desarrollo municipal y permiten fomentar procesos de innovación y crear capacidades y habilidades técnicas y sociales para fomentar el desarrollo local.

---

<sup>1</sup> La finca agroenergética es concebida por Suárez et al. (2011) 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 BIOMAS-CUBA para promover un tránsito desde fincas agropecuarias a agroenergéticas.

Asimismo, ha contribuido tanto a crear capacidades para la producción y utilización de la bioenergía, a partir del biogás, el biodiésel y la gasificación de biomasa, en 22 municipios, de producción de alimentos sobre bases agroecológicas, como a introducir acciones de mejora ambiental, con diferentes niveles de escala territorial y de incidencia.

Para ello, Biomasa-Cuba ha creado redes multi-actorales y multi-institucionales, tanto locales, sectoriales como nacionales, en las que participan los gobiernos locales, el Ministerio de la Agricultura (Minag), la Asociación Nacional de Agricultores Pequeños (Anap), el Ministerio de Educación Superior (MES), el Ministerio de Energía y Minas (Minem), el Ministerio de Industria (Mindus), el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (Citma), el Ministerio de Economía y Planificación (MEP), y diversos proyectos internacionales.

### **Impacto productivo y económico**

La Fase II de Biomasa-Cuba se ejecutó en 212 escenarios productivos: fincas campesinas asociadas a Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS), centros de investigación, granjas y Unidades Empresariales de Base (figura organizativa en las empresas estatales) (UEB) agropecuarias, Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC), Cooperativas de Producción Agropecuaria (con propiedad colectiva) (CPA) y comunidades rurales. Esos escenarios productivos se localizan en 22 municipios de las provincias de Matanzas, Sancti Spíritus, Las Tunas, Holguín, Granma y Guantánamo. En estos 212 escenarios se han creado notables capacidades productivas de energía, alimentos y bioproductos, así como de generación de empleos e ingresos, tales como las siguientes (Suárez, 2017):

- 372 nuevos empleos, el 28 % ocupado por mujeres en igualdad de condiciones (en la Fase I: 108 y 14 %) (figura 24.1a).
- Incremento de la producción de alimentos en los seis municipios participantes en la implementación de estrategias locales de producción integrada de alimentos y energía en el 45,5 % respecto a 2011.
- Tres plantas de producción de biodiésel instaladas en los municipios de Perico, Guantánamo y Media Luna.
- 176 biodigestores en operación que tratan los residuales de la producción animal, generan anualmente 1 145 317 m<sup>3</sup> de biogás y 12 000 t de bioabonos, así como posibilitan el ahorro de 388 800 kWh/año de electricidad a partir de la utilización del biogás en las fincas campesinas, además de evitar emisiones de metano, la contaminación de las cuencas hídricas y la tala de árboles para utilizar su leña como combustible doméstico. Recientemente, en dos centros porcinos del municipio Martí se culminaron dos biodigestores de laguna tapada de grandes dimensiones, de 2 000 y 5 000 m<sup>3</sup> de capacidad, respectivamente, que utilizan el biogás para generar electricidad destinada al sistema eléctrico.
- El 7,1 % de las fincas y unidades productivas de los municipios con su estrategia integral aprobada producen alimentos y energía (Fase I: 2 %); en el caso de Cabaiguán, el municipio más destacado, alcanza el 10 %.

- Ingresos de 88,7 millones CUP en los escenarios participantes y se han sustituido importaciones de alimentos, combustibles y fertilizantes por un valor de 5,9 millones USD (Fase I: 55 millones CUP y 360 000 USD) —sin considerar los ahorros en fletes marítimos.
- Plantación de 460 ha de *Jatropha curcas* asociada a cultivos de ciclo corto que ocupan el 70 % del área en áreas agrícolas ociosas, muy degradadas e invadidas por aroma y marabú, en las provincias de Guantánamo, Holguín, Granma, Sancti Spíritus y Matanzas, en su mayoría resultado de la Implementación del Programa Nacional de Producción de Biodiésel desde 2014, como parte de la cooperación de Biomasa-Cuba y el Grupo Empresarial Labiofam.
- Instalación de 52 nuevas pequeñas plantas de bioabonos y bioproductos inoculados con microorganismos para la nutrición y salud animal, el control de plagas y moscas, así como la higiene ambiental.
- Montaje de un nuevo gasificador de biomasa en el Secadero de Arroz de Amarillas, municipio Calimete, provincia de Matanzas, que utiliza la cáscara residual para el secado de este grano y sustituir todo el combustible que se emplea, así como generar electricidad para el proceso productivo.

### **Impacto social y ambiental**

- Se benefician del biogás 3 220 personas para la cocción, la refrigeración, el alumbrado y las actividades productivas, lo que permite eliminar la tala de árboles para obtener leña y reducir el consumo de electricidad, que se genera con combustibles fósiles.
- 20 785 personas beneficiadas, de forma directa, mejoran su nivel de vida por incremento de empleos, ingresos, acceso a equipos e insumos productivos, mejores condiciones de trabajo y disponer de diversos equipamientos domésticos y productivos que consumen biogás en 21 municipios de siete provincias (Fase I: 1 198 personas beneficiadas directamente).
- La entrega y uso a productores en 10 municipios, de cocinas, ollas arroceras, lámparas y refrigeradores alimentados con biogás, permite mejorar la calidad de vida y reducir el consumo doméstico de electricidad entre el 40 y el 80 % en cada casa.
- Enfoque de género transversalizado e incremento del empoderamiento de las mujeres campesinas, que han creado iniciativas de autofinanciamiento y de gobernabilidad en acciones de asociacionismo.
- 5 855 productores y especialistas (46 % mujeres) recibieron capacitación, en 158 charlas técnicas, talleres, cursos y días de campo, y se elaboraron 93 materiales de capacitación, comunicación y socialización, con enfoque de género, para fortalecer sus habilidades (Fase I: 752 capacitados, 37 % féminas, 54 acciones y 30 materiales).
- Cuatro redes de suministro de biogás, alimentada por biodigestores, que benefician a 53 viviendas y 272 personas que habitan en comunidades rurales en el municipio Cabaiguán, provincia de Sancti Spíritus, y se constituyen en las primeras comunidades rurales en Cuba con una red de abasto de gas para

la cocción de alimentos y otros usos, y un ahorro de 77,2 MWh/año (López *et al.*, 2016).

- 137 talleres, encuentros de intercambios y recorridos a los escenarios productivos del proyecto con 136 decisores locales y nacionales (con énfasis en los asociados a los gobiernos locales y las instancias territoriales y nacionales del Minem, Minag, Citma, MEP, Mindus y MES, y se elaboraron 37 materiales de comunicación y difusión para socializar los resultados.
- Solucionados 177 focos contaminantes con la instalación de biodigestores y gasificadores. Ello permitió eliminar la contaminación generada por excretas vacunas y porcinas en los escenarios productivos, reducir la emisión descontrolada de CH<sub>4</sub> que provocan estos residuales, disminuir la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, al evitarse el uso de combustibles fósiles y leña en la cocción, con la utilización del biogás doméstico, y evitar las emisiones de óxido nitroso y amoníaco al aplicar los efluentes del biodigestor como bioabonos en sustitución de fertilizantes químicos.
- Mejoradas 3 874 ha de suelos con bioabonos producidos con efluentes de biodigestores y diversas prácticas agroecológicas de manejo (Fase I: 1 820 ha). Se reforestaron 458 ha, las cuales constituyen sumideros de carbono.
- Se estima que las 460 ha de *Jatropha curcas* secuestran anualmente 5 175 t CO<sub>2</sub> equivalente (cada planta permite secuestrar 6 kg de CO<sub>2</sub>/año y liberar 9 kg de O<sub>2</sub>/año, según investigaciones realizadas en el Proyecto con apoyo de laboratorios brasileños, Sotolongo *et al.*, 2012). Ello contribuye a disminuir los gases de efecto invernadero (GEI) y mitigar el cambio climático.
- Se desarrolló una metodología de evaluación de lo que se denominó Índice de Resiliencia Socioecológica (IRS), que contribuyó a la propuesta de un modelo de finca familiar agroecológica, con elementos que pueden favorecer la transición y resiliencia socioecológica de la agricultura familiar en Cuba (Casimiro, 2016; Casimiro *et al.*, 2017). El IRS se aplicó en 15 fincas campesinas de las provincias de Las Tunas (2), Holguín (1), Sancti Spiritus (3), Matanzas (8) y Mayabeque (1).

### ¿Qué se ha transferido al sector productivo y cómo se ha realizado?

Las principales tecnologías e innovaciones que se han transferido, con diferente intensidad y escalado en cada caso, en organizaciones productivas de 22 municipios de siete provincias cubanas (Guantánamo, Santiago de Cuba, Granma, Holguín, Las Tunas, Sancti Spiritus y Matanzas) y de las mismas destacan las siguientes:

1. Manejo de viveros de plántulas de *Jatropha curcas* para la producción de biodiésel.
2. Manejo agronómico integral de plantaciones de *J. curcas* asociadas a cultivos alimenticios de ciclo corto.
3. Secado y beneficio de frutos de *J. curcas*.
4. Extracción de aceite de los frutos de *J. curcas* y mejora de su calidad.
5. Producción sostenible de biodiésel a partir del aceite de *J. curcas*.
6. Producción de bioabonos a partir de las cáscaras y torta de prensado del fruto de *J. curcas*.



7. Diseño de biodigestores de cúpula fija, con capacidad de digestión hasta 90 m<sup>3</sup>.
8. Diseño de biodigestores de laguna cubierta, con capacidad de digestión hasta 5 000 m<sup>3</sup>.
9. Construcción de biodigestores de cúpula fija, con capacidad de digestión hasta 90 m<sup>3</sup>.
10. Construcción de biodigestores de laguna cubierta, con capacidad de digestión hasta 5 000 m<sup>3</sup>.
11. Instalación de equipos auxiliares y generadores en biodigestores de laguna cubierta.
12. Instalación y mantenimiento de equipos domésticos que consuman biogás (cocinas, ollas arroceras, lámparas, refrigeradores, motobombas, motores, generadores).
13. Diseño, construcción e instalación de filtros de sulfuro de hidrógeno que contiene el biogás.
14. Diseño, instalación y mantenimiento de redes de distribución de biogás a comunidades rurales.
15. Instalación de gasificadores de biomasa agrícola y forestal para la generación de electricidad y calor.
16. Producción de bioproductos de amplio espectro de uso agropecuario y ambiental, a partir de microorganismos benéficos.
17. Utilización de bioproductos basados en microorganismos benéficos en manejo de plagas y enfermedades, así como en nutrición vegetal.
18. Utilización de bioproductos basados en microorganismos benéficos en la producción animal, como prebiótico y en el control de olores y moscas.
19. Utilización de bioproductos basados en microorganismos benéficos en el saneamiento de cuerpos de agua contaminados con residuales orgánicos.
20. Metodología y herramienta para la formulación e implementación de estrategias locales para la producción integrada de alimentos y bioenergía.
21. Familias de tecnologías a la medida de cada finca para la siembra, establecimiento y manejo de pastizales, sistemas silvopastoriles y bancos de forrajes.
22. Familias de tecnologías a la medida de cada finca para la producción de alimento animal no convencional a partir de cultivos y subproductos agropecuarios.
23. Familias de tecnologías a la medida de cada finca para el manejo de ganado vacuno, ovino, caprino, porcino, avícola y cunícula.

Todo este proceso de transferencia de tecnologías y de innovación iniciado en 2009, acompañado por investigaciones orientadas a las fincas, descansó en un conjunto de actuaciones, que constituyen lecciones aprendidas, en las que destacan:

- El enfoque temático centrado en la *producción integrada de alimentos y energía, sobre bases agroecológicas*, y la aplicación del *concepto de finca agroenergética*.

- La *integración con los Consejos de Administración Municipal y otros actores locales, así como con los Ministerios de Energía y Minas, de la Agricultura y de Industrias.*
- Un *amplio trabajo en red entre todos los actores, así como sinergias a escala local, territorial y nacional, apoyado en la creación de plataformas multi-institucionales y multi-actorales.*
- *Vinculación entre el sector académico, los productores y decisores*
- *Intensos procesos de innovación agrícola local, en el marco de un modelo de innovación abierta orientado a resultados prácticos, donde se desarrollan y mejoran tecnologías e innovaciones con amplia participación del beneficiario, para la sostenibilidad de las acciones.*
- *Vínculos directos con los productores y sus familias, lo que ha permitido acompañarlos en el desarrollo de procesos de producción sostenible, con el consecuente incremento de la participación comunitaria, a partir del papel protagónico de los productores y sus familias.*
- *La formulación participativa de una estrategia local para la producción integrada de alimentos y energía en seis municipios, que contribuye a la implementación de las estrategias de desarrollo local en Cuba.*
- *La incidencia en políticas públicas nacionales, sectoriales y locales.*
- *La “incubación” de nuevos proyectos nacionales e internacionales para lograr sinergias y sostenibilidad de las acciones.*
- *La creación de alianzas con grupos empresariales cubanos del Ministerio de Industrias para el desarrollo y la producción de equipamiento e insumos para el fomento de la agroenergía.*
- *El fomento de sinergias con otros proyectos internacionales e instituciones (ministerios, gobiernos locales, empresas, organizaciones técnicas y de productores y campesinos).*
- *La concepción y aplicación de un sistema de monitoreo y evaluación del proyecto orientado a sus efectos e impacto (SMEEI), así como a brindar información clave a gestores y decisores locales, ministeriales y nacionales.*
- *El permanente proceso de sistematización y socialización de resultados, experiencias, buenas prácticas, tecnologías y diseños, etc., dirigido a beneficiarios directos y gestores del proyecto, decisores de políticas y al sector científico y académico, a escala local, provincial y nacional.*
- *La implementación de acciones de reducción de vulnerabilidades al cambio climático, mediante la adaptación y mitigación.*

Otro aspecto a destacar fue lo relativo a acciones de colaboración, tanto Norte-Sur como principalmente Sur-Sur, en las que resaltan las siguientes:

- En la evaluación de la composición química de aceites, tortas de prensado y cascarillas de semillas oleaginosas no comestibles de interés para la producción de biodiésel, se trabajó con el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Vigo y el Departamento de Energía de la Biomasa, Centro Nacional de Energía Renovable de Pamplona, en España,

con apoyo financiero de la Agencia Española de Cooperación Internacional (beca MAEC-AECI) y la International Foundation for Science (IFS).

- En la caracterización físico-química del aceite crudo y refinado de *Jatropha curcas*, así como su uso como biolubricante y mejorador de la lubricidad del combustible diésel, se trabajó con la Universidad Jean Piaget, de Benguela, Angola, y el Instituto de Ingeniería Automotriz, Estado de Morelia, México.
- En la prehidrólisis ácida de residuos sólidos de cáscaras de fruto de *Jatropha curcas* para la obtención de azúcares destinados a producir bioetanol lignocelulósico, se colaboró con la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Borås, Suecia, y se recibió apoyo financiero de proyectos del Programa Linnaeus-Palme, la Fundación Internacional para la Ciencia (IFS) y la Organización para la Prohibición de las Armas Químicas.
- En el análisis de los aceites de *Jatropha curcas* para calcular los flujos de materiales y de energía necesarios para el diseño de la primera planta de producción de biodiésel, se recibió el apoyo de la Escuela de Química de la Universidad Federal de Río de Janeiro y de la empresa brasileña GreenTec.
- En la aplicación del IHplus®, un bioproducto de amplio uso agropecuario basado en microorganismos nativos, en la eliminación de malos olores en la producción avícola, con la Universidad de Machala, Ecuador.
- En la evaluación de sistemas integrados para la producción de alimentos y energía en Cuba y en la elaboración e implementación de un procedimiento integral para contribuir a la transición de fincas agropecuarias a agroenergéticas sostenibles, con la Agencia de Cooperación Suiza para la Cooperación y el Desarrollo (COSUDE).
- En el desarrollo de tecnologías de biodigestores y la introducción de la tecnología de gasificación de biomasa para la producción de electricidad, se recibió el apoyo de la empresa alemana AquaLimpia y del Centro de Tecnología del Biogás de Hanói, Vietnam, en la creación de capacidades de diseño y mejoras tecnológicas, de la empresa hindú Ankur Scientific Energy Technologies, en el montaje y operación de los gasificadores y el entrenamiento de los especialistas y operadores; y de la UTA Foundation, de Colombia, y el Grupo SUSTEC, del Instituto Federal Suizo de Investigación y Prueba de Materiales, en St. Gallen, Suiza, en el entrenamiento y la capacitación.
- En la caracterización de la morfología interna y el desempeño de las semillas de *Jatropha curcas* a través del análisis de imágenes, con el Departamento de Producción Vegetal de la Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, de la Universidad de São Paulo, Brasil, y el apoyo del Programa CAPES-MES (Coordinación de Perfeccionamiento de Especialistas de Nivel Superior de Brasil/Ministerio de Educación Superior de Cuba), por el otorgamiento de una beca de postdoctorado.
- En la caracterización físico-química y actividad antimicrobiana del aceite de *Jatropha curcas*, con el Departamento de Química, de Instituto de Ciencias Exactas, Universidad Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.
- En la evaluación de la actividad acaricida in vitro del aceite de *Jatropha curcas* en la garrapata, *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Canestrini, 1887) (Acari:

Ixodidae), se recibió el apoyo de la Universidad Federal Rural de Río de Janeiro y del Programa CAPES-MES, por el otorgamiento de una beca de postdoctorado en Brasil.

- En la caracterización de una biograsa de aceite vegetal de *Jatropha curcas* y jabón de litio, con el Instituto Superior Politécnico da Universidad de Katyavala Bwila, Benguela, Angola.
- En la evaluación de la eficiencia de tratamiento de residuales de granjas porcinas en biodigestores de lagunas tapadas, con la empresa Biosoluciones Granda, de Mérida, Yucatán, México, y con el apoyo del Laboratorio para Aguas Residuales Repama S.C.P., de dicha ciudad.

## REFERENCIAS

1. Bogdanski, Anne. 2012. Integrated Food-Energy Systems for Climate-Smart Agriculture. *Agriculture & Food Security*, 1 (9): 1-10.
2. Bogdanski, Anne; Dubois, O.; Jamieson, C. & Krell, R. 2010. Making Integrated Food-Energy Systems Work for People and Climate: an Overview. Roma: FAO, 116 pp.
3. CAM Manatí. 2010. Estrategia de desarrollo local (reactualizada). Manatí, Las Tunas, Cuba. Consejo de la Administración Municipal, 38 pp.
4. CAM Calimete. 2013. Estrategia de desarrollo local. Calimete, Matanzas, Cuba: Consejo de la Administración Municipal, 32 p.
5. CAM Martí. 2012. Estrategia de desarrollo local (actualizada). Martí, Matanzas, Cuba: Consejo de la Administración Municipal, 18 p.
6. CAM Martí. 2014a. Programa de desarrollo integral del municipio Martí. Martí, Matanzas, Cuba: Consejo de la Administración Municipal, 21 p.
7. CAM Martí. 2014b. Programa marco para el desarrollo agropecuario del municipio Martí, provincia de Matanzas, Cuba. Martí, Matanzas, Cuba: Consejo de la Administración Municipal, 82 p.
8. Casimiro, Leidy, 2016. Bases metodológicas para la resiliencia socioecológica de fincas familiares en Cuba. Tesis Doctoral en Agroecología. Medellín: Universidad de Antioquia, 223 p.
9. Casimiro, Leidy, Casimiro, J. A. & Suárez, Jesús. 2017. Resiliencia socioecológica de fincas familiares en Cuba. Matanzas, Cuba: Editora Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, 252 p.
10. Cepero, L.; Savran, Valentina; Blanco, D.; Díaz, M. R.; Suárez, J. & Palacios, A. 2012. Producción de biogás y de bioabonos a partir de efluentes de biodigestores. La experiencia de Biomasa-Cuba. En: Suárez, J. y Martín, G. J. (eds.). La biomasa como fuente renovable de energía en el medio rural: La experiencia de Biomasa-Cuba. Matanzas, Cuba: Editora Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, p. 131-142.
11. DMPF-MINAG-CAM. 2014. Estrategia municipal de producción integrada de alimentos y energía del municipio Urbano Noris. Dirección Municipal de

- Planificación Física, Delegación Municipal de la Agricultura y Consejo de la Administración Municipal, Urbano Noris, Holguín, Cuba, 67 pp.
12. López, A.; Suárez, J. y Savran, Valentina. 2016. Experiencia de suministro de biogás a una comunidad rural en Cuba: El Colorado, Cabaiguán. Documento interno de trabajo. Cabaiguán, Sancti Spíritus, Cuba: Proyecto Biomasa-Cuba, 10 pp.
  13. PCC. 2011. Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución. La Habana: VI Congreso del Partido Comunista de Cuba, abril, 41 p.
  14. Savran, Valentina. 2005. Una solución energético-ambiental para la reducción de contaminantes agropecuarios, como contribución al manejo integrado de la cuenca Zaza. Tesis de Maestría en Gestión Ambiental y Protección de los Recursos Naturales. Matanzas, Cuba: Universidad de Matanzas.
  15. Sotolongo, J. A.; Suárez, J.; Martín, G. J.; Cala, Marlenis; Vigil, María; Toral, Odalys; Reyes, F. y Santana, H. 2012. Producción integrada de biodiésel y alimentos: la concepción de una tecnología agroindustrial apropiada para Cuba. En: Suárez, J. y Martín, G. J. (eds.). La biomasa como fuente renovable de energía en el medio rural: La experiencia de Biomasa-Cuba. Matanzas, Cuba: Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, pp. 100-112
  16. Suárez, J. 2013. Guía metodológica para la elaboración de la estrategia municipal de producción integrada de alimentos y energía. Proyecto Biomasa-Cuba. Matanzas, Cuba: Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, 8 pp.
  17. Suárez, J. 2015. Producción integrada de alimentos y energía a escala local en Cuba: bases para un desarrollo sostenible. *Pastos y Forrajes*, 38 (1): 3-10.
  18. Suárez, J. 2017. Informe final del proyecto internacional Biomasa-Cuba Fase II. Matanzas, Cuba: Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, 18 pp.
  19. Suárez, J. y Martín, G. J. 2017. Procesos de innovación para la producción de alimentos y energía renovable en municipios cubanos, como contribución al desarrollo local. En: Mantulak, M. (ed.). Gestión de la tecnología y la innovación en pequeñas y medianas empresas. Contribuciones desde Universidades Latinoamericanas. Argentina: Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones, 22 pp.
  20. Suárez, J. & Martín, G. J. 2015. Local Innovation Processes in Agroenergía Focused on the Mitigation and Adaptation to the Climate Change in Cuba. A Successful Example of the Science-productive Sector Links. Paper presented in 13th Globelics International Conference, 23-25 sep., Palacio de Convenciones de La Habana, 10 pp.
  21. Suárez, J.; Martín, G. J.; Sotolongo, J. A.; Rodríguez, E.; Savran, Valentina; Cepero, L.; Funes-Monzote, F. R.; Rivero, J. L.; Blanco, D.; Machado, R.; Martín, C. y García, A. 2011. Experiencias del proyecto Biomasa-Cuba.

Alternativas energéticas a partir de la biomasa en el medio rural cubano. *Pastos y Forrajes*, 34 (4): 473-496.

22. Suárez, J.; Martín, G. J.; Sotolongo, J. A.; Cepero, L. y Hernández, R. 2012. Impacto de la producción integrada de alimentos y energía. Contribución a la seguridad alimentaria, ambiental y energética. En: Suárez, J. y Martín, G. J. (eds.): La biomasa como fuente renovable de energía en el medio rural. La experiencia del proyecto internacional Biomas-Cuba. Matanzas, Cuba: Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, pp. 196-207.
23. Suárez, J.; Martín, G. J.; Cepero, L.; Blanco, D.; Sotolongo, J. A.; Savran, Valentina, Del Río, E. & Rivero, J. L. 2014. Local Innovation Processes in Agroenergy Directed at the Mitigation and Adaptation to Climate Change in Cuba. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 48 (1): 17-20.