



Revista Cubana de Ciencia Agrícola

ISSN: 0034-7485

rcca@ica.co.cu

Instituto de Ciencia Animal
Cuba

Suárez, J.; Martín, G.; Cepero, L.; Blanco, D.; Sotolongo, J.; Savran, Valentina; del Río, E.; Rivero, J.
L.

Procesos de innovación local en Agroenergía, orientados a la mitigación y adaptación al cambio
climático en Cuba

Revista Cubana de Ciencia Agrícola, vol. 48, núm. 1, 2014, pp. 17-20
Instituto de Ciencia Animal
La Habana, Cuba

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193030122006>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

Procesos de innovación local en Agroenergía, orientados a la mitigación y adaptación al cambio climático en Cuba

J. Suárez¹, G. Martín¹, L. Cepero, D. Blanco, J. Sotolongo², Valentina Savran³, E. del Río⁴
y J. L. Rivero⁵

¹Estación Experimental “Indio Hatuey”, Universidad de Matanzas, C.P. 44280, Matanzas, Cuba

²LABIOFAM, Código Postal 95400, Guantánamo, Cuba

³Dirección de Planificación Física, Cabaiguán, Sancti Spíritus, Cuba

⁴Estación de Pastos y Forrajes, Apdo. 2255. Zona Postal 1. C.P. 60100. Sancti Spíritus, Cuba

⁵Estación de Pastos y Forrajes, Las Tunas, Cuba

Correo electrónico: jesus.suarez@indio.atenas.inf.cu

Desde 2009 se ejecuta el Proyecto Internacional BIOMAS-CUBA, enfocado a utilizar la biomasa como fuente renovable de energía, contribuir a mejorar las condiciones de vida, y lograr la coexistencia entre mitigación y adaptación al cambio climático, seguridad alimentaria y sostenibilidad energética en el medio rural. BIOMAS-CUBA abarca la producción y utilización de biodiesel y biogás, la gasificación de biomasa y la producción de bioproductos. El proyecto está dirigido a la producción integrada de alimentos y energía en el marco de fincas agroenergéticas de base agroecológica, con el propósito de contribuir al desarrollo local. Promueve un modelo de innovación agrícola local, con amplia participación de productores y estudios de impacto. Su fase I se ejecutó en 87 escenarios de cinco provincias cubanas y ha posibilitado sembrar 109 ha de *Jatropha curcas* L. asociadas a cultivos, instalar una planta de producción de biodiesel (105 600 litros/año) y dos gasificadores de biomasa para generar electricidad, construir 69 biodigestores e instalar 52 plantas de producción del bioproducto IHplus, de amplio espectro de uso agropecuario -en nueve provincias-, con beneficio/costo de 3.4, incluida la inversión. Si la fase I se centró en el fomento de fincas agroenergéticas, la II (2012-2015) se orienta a la formulación e implementación de estrategias locales de producción integrada de alimentos y energía en seis municipios, acompañando a los gobiernos y a otros actores, así como a lograr mayor incidencia en políticas nacionales, regionales y locales, asociadas a la seguridad alimentaria, las energías renovables y el medio ambiente.

Palabras clave: *agroenergía, cambio climático, seguridad alimentaria, energía*.

Introducción

A nivel global, se presenta el reto de cómo hacer coexistir la agroenergía, la seguridad alimentaria y la protección del medio ambiente en presencia de cambios climáticos, degradación ambiental, crisis alimentaria y contradicción “biocombustibles vs. alimentos”, que es consecuencia de una insensata política para obtener los biocombustibles en grandes extensiones de monocultivos alimentarios, lo que es moralmente rechazable (Suárez y Martín 2010). Sin embargo, los biocombustibles también se promueven como una alternativa ecológica a los combustibles fósiles, por su capacidad de reducción de gases de efecto invernadero y por promover el desarrollo de comunidades rurales. Esto se potencia en los sistemas agropecuarios integrados, en los que se pueden producir biocombustibles y alimentos con la aplicación de la biorefinería, que posibilita convertir la biomasa en múltiples productos, cuyo valor agregado total puede ser mayor que el generado por los combustibles fósiles (Suárez *et al.* 2011).

A este propósito contribuye el proyecto internacional BIOMAS-CUBA, liderado por la Estación Experimental “Indio Hatuey” (EEIH) y financiado por la Agencia Suiza para la Cooperación y el Desarrollo (COSUDE), cuyos principales resultados de la fase I se presentan en este trabajo que contribuye a la solución de importantes retos para la humanidad: la inseguridad alimentaria, la sostenibilidad energética y la protección ambiental.

BIOMAS-CUBA ha generado resultados clave en el desarrollo de tecnologías y en el fomento de la innovación. Se destaca la evaluación de plantas oleaginosas no comestibles, con potencial para producir biodiesel y la concepción de una tecnología apropiada para Cuba, que permita la producción integrada de alimentos y biodiesel a partir de *Jatropha curcas*. Comprende además, la evaluación del aceite de *Jatropha* como biolubricante y la mejora de la lubricidad del diesel, la producción de biogás y bioabonos a partir de los efluentes de biodigestores; la gasificación de biomasa para generar electricidad, la evaluación de los sistemas integrados para la producción de alimentos y energía en Cuba, y el impacto económico, social y ambiental generado. Estos resultados, aplicados en seis provincias cubanas, están dirigidos a mejorar la calidad de vida mediante la producción integrada de alimentos y energía, en armonía con el ambiente.

La experiencia de BIOMAS-CUBA. Evaluación de un germoplasma de plantas oleaginosas no comestibles con potencial para la producción de biodiesel y sus coproductos. Se caracterizó la variabilidad morfológica y productiva de colecciones de *Jatropha curcas* (25 procedencias), *Ricinus communis* (5) y *Aleuritis trisperma* (10) recolectadas en Cuba. Estas variedades han sido introducidas y establecidas en bancos de germoplasma de tres provincias cubanas para su evaluación en vivero y en condiciones de campo

(Machado *et al.* 2012), con el propósito de determinar sus potencialidades para la producción de biocombustible.

En las colectas de *J. curcas* en Cuba se identificaron accesiones capaces de alcanzar rendimientos de semilla similares a los de las introducidas, como ocurrió con las denominadas San Miguel y SSCE-10. No obstante, Cabo Verde fue la única que logró un potencial de producción por unidad de área acorde con los rangos que se deben esperar para el primer año. Las características del fruto y el contenido de aceite de la procedencia SSCE-10 fueron muy semejantes a los de Cabo Verde, aunque esta última produjo el doble de aceite (estimado) por unidad de área. Estos constituyen los primeros materiales identificados como tipos prominentes.

Concepción de tecnología apropiada para la producción integrada de alimentos y biodiesel. En Guantánamo, la provincia más oriental de Cuba, desde 2009 se inició el fomento de *J. curcas* para producir biodiesel. Entre 2009 y 2011, se sembraron 109 ha de *J. curcas*, asociadas a cultivos en la Granja Paraguay y en fincas campesinas de esta provincia, así como en la EEIH (Matanzas) y en las Estaciones de Pastos de Sancti Spíritus y Las Tunas (Sotolongo *et al.* 2012). No obstante, Guantánamo es el territorio que posee la mayoría del área sembrada (98 ha). Se priorizó *J. curcas*, debido a los favorables resultados de la evaluación del germoplasma.

Asimismo, en la EEIH y en Guantánamo se evaluaron ocho combinaciones de distancias de siembra. De estas, se destacaron dos marcos: 2,5 x 4 m (1 000 árboles/ha) apropiados para sistemas mecanizados, con ocupación de la tierra de 72 % para producir alimentos y 28 % para energía, y 2,5 x 3 m (1 333 árboles/ha) para sistemas con laboreo por tracción animal y ocupación de 64 y 36 %, respectivamente. En estos marcos se evaluó el comportamiento de 21 cultivos agrícolas intercalados con *J. curcas* (destacando rendimientos en frijol, soya, maní, maíz, yuca, sorgo y arroz) en condiciones de riego de supervivencia y fertilización media con bioabonos a partir del desarrollo de una tecnología de manejo agronómico de la asociación, que aún está en validación (Sotolongo *et al.* 2012).

Asimismo, se constituyeron viveros de *J. curcas* con la aplicación de los biofertilizantes ECOMIC y FitoMass, elaborados a partir de micorrizas. Esto generó una infraestructura para producir en un año hasta 80 000 posturas, con dos viveros, en Guantánamo.

Beneficio y extracción de aceite de semillas de Jatropha curcas. Producción de biodiesel. A partir de la caracterización físico-química del aceite producido en Cuba y las pruebas de producción de biodiesel a pequeña escala, realizadas en el reconocido laboratorio GreenTec (Universidad Federal de Rio de Janeiro), dirigido por el Dr. Donato Aranda, se concibieron las necesidades de materias primas, los procesos de beneficio, extracción, filtrado, desgomado y neutralización. Asimismo, se diseñó la planta de biodiesel, la primera en Cuba, que se

instaló en la Granja Paraguay, con mezcla de tecnologías china y costarricense, y capacidad de producción de 400 L de biodiesel/día, en un turno de ocho horas (105 600 L anuales).

Se han generado impactos ambientales positivos (Suárez *et al.* 2012), como la reforestación de 109 ha con *J. curcas*, asociada a cultivos alimentarios. De estas tierras, 55 % se ubica en suelos no utilizables para otras producciones agrícolas -con salinidad y de baja fertilidad- en áreas de alta fragilidad, con afectaciones medioambientales y en una de las principales cuencas hidrográficas de Cuba. Se incluyen aquí 112 ha de frutales y neem. Se ha valorado, entre 2009 y 2011, un secuestro de 1 567 t de dióxido de carbono (CO₂) -importante gas de efecto invernadero (GEI)- por las plantaciones de *J. curcas* (captura 6 kg de CO₂/año-árbol).

En las condiciones cubanas se ha demostrado la factibilidad de la producción integrada de biodiesel y alimentos, a partir de la concepción de una tecnología agroindustrial apropiada, aún en validación, que abarca desde la tecnología de manejo agronómico de la asociación de *J. curcas* con cultivos hasta la producción de biodiesel.

*Evaluación del aceite de *J. curcas* como biolubricante y mejorador del diesel.* Con el propósito de sustituir aceites por biolubricantes, se evaluó el comportamiento de la fricción del aceite de *J. curcas*, con respecto a un aceite mineral, lo que constituye el primer estudio de este aceite en el campo de la Tribología. El aceite de *J. curcas* presentó buena estabilidad a la oxidación, aspecto de gran interés en los aceites vegetales por ser este uno de sus puntos débiles, y un coeficiente de fricción inferior al del aceite mineral.

Con respecto a la utilización de este aceite para mejorar la lubricidad del diesel, un combustible de bajo contenido de azufre emite menos gases contaminantes, pero genera mayor desgaste en los sistemas de inyección de los motores. Se demostró que el aceite vegetal puro de *J. curcas* se puede utilizar como aditivo de calidad, al 1 y 5 %, para mejorar la lubricidad del diesel, sin modificar otras propiedades del combustible (Rodríguez *et al.* 2012a y 2012b).

Producción de biogás y bioabonos a partir de los anaeróbicos efuentes de biodigestores. En el proyecto se han diseñado y construido 67 biodigestores. De ellos, nueve son tubulares de polietileno, una laguna anaeróbica cubierta con geomembrana de polietileno de alta densidad de 300 m³ (tecnología para grandes volúmenes de residuales que resuelve las limitaciones de las lagunas anaeróbicas descubiertas, emisoras de metano y olores desagradables). Los restantes 57 son de cúpula fija (modelo chino), con capacidad total de digestión de 1 665 m³ (Cepero *et al.* 2012a) y generan producciones anuales de 200 020 m³ de biogás (equivalentes a 754 barriles de petróleo, 110 USD/barril), que se utilizan en la cocción de alimento humano y animal, en la generación de electricidad y en la cocción

de ladrillos, como de 867 t de bioabonos (equivalentes a 115,6 toneladas de fertilizante completo NPK, 650 USD/t), empleadas en la mejora de la fertilidad de 1 830 ha de suelo).

A esto contribuyó el desarrollo de un programa soportado en LabVIEW 7.1 y su manual para diseñar biodigestores y sus lagunas de tratamiento secundario y terciario, cuando sean necesarias, en función de la disminución de la Demanda Bioquímica de Oxígeno del efluente. Estas condiciones posibilitan diseños más óptimos, con mayor eficiencia y menor gasto de materiales.

BIOMAS-CUBA permitió eliminar la contaminación generada por excretas vacunas y porcinas mediante biodigestores en 65 escenarios productivos. Esto genera un efecto ambiental positivo, que se incrementa con la utilización de sus efluentes como bioabonos, en la mejora de 1 830 ha de suelos agropecuarios. Asimismo, se instalaron 52 plantas de producción de bioproductos a partir de efluentes de biodigestores y otros residuos, enriquecidos con microorganismos nativos, que se utilizan en sanidad animal y vegetal, nutrición de cultivos, eliminación de malos olores en instalaciones pecuarias, bioremediación de lagunas contaminadas con residuales orgánico, como en filtros de biocerámicas (Blanco *et al.* 2012).

Gasificación de biomasa lignocelulósica para la generación de electricidad. Debido a que la gasificación de biomasa es mucho más eficiente que su combustión tradicional como leña o carbón, la tecnología seleccionada, a partir de criterios técnico-económicos, fue de lecho fijo y con flujo descendente (downdraft), con cuatro fases dentro del gasificador (secado, pirolisis, oxidación y reducción). Esta tecnología produce menos alquitrán que la de flujo ascendente (updraft), por lo que es más apropiada para el uso del gas en motores. Como proveedor se eligió la empresa hindú Ankur Scientific Energy Technologies, uno de los líderes mundiales en gasificadores de baja capacidad (inferior a 100 kW de potencia), a la cual se contrataron dos gasificadores con sus generadores, con capacidad de 20 y 40 kW de potencia (ANKUR 2011). Se instalaron en la Estación Experimental “Indio Hatuey”, en Matanzas, y en el aserradero de madera “El Brujo”, en la zona de la Gran Piedra-Baconao, Santiago de Cuba. Estas instalaciones operan con ramas y troncos de una leñosa espinosa invasora, como *Dichrostachys cinerea* (marabú) y con residuos de las podas de los sistemas agroforestales pecuarios, así como con residuos madereros (aserrín peletizado y cortezas), respectivamente (Cepero *et al.* 2012b). El primer gasificador genera “en isla” para las áreas pecuarias de la Estación, mientras que el segundo produce electricidad durante el día para el aserradero, y en la noche se conecta al sistema eléctrico nacional.

Evaluación de los sistemas integrados para la producción de alimentos y energía en Cuba. Para identificar y evaluar tipologías de sistemas para la

producción de alimentos y energía, se asumió como base analítica la relación entre diversidad, productividad y eficiencia de la producción agroecológica. Se monitoreó un grupo de 25 sistemas productivos (fincas), de las 53 que participan en el proyecto BIOMAS-CUBA (Funes *et al.* 2012).

Se evaluaron los indicadores siguientes: 1) riqueza de especies, a través del índice de Margalef (IM), 2); diversidad de la producción, mediante el índice de Shannon (H), 3), cantidad de personas que alimenta el sistema en energía (Pe), 4) cantidad de personas que alimenta el sistema en proteína (Pp), 5) índice de utilización de la tierra (IUT), combinado con el análisis de los policultivos empleados, 6) balance energético anual (BE), y 7) costo energético de la producción de proteína (CEP).

Los indicadores de biodiversidad (IM+H), productividad (Pe+Pp) y eficiencia (IUT+BE+CEP) se sumaron para obtener valores respectivos de índice de biodiversidad (DIV), índice de productividad (PROD) e índice de eficiencia energética (EE). Posteriormente, se ponderó el mejor comportamiento de cada índice entre todas las fincas.

Además, se validó la factibilidad del empleo de tres fincas evaluadas, como prototipos energéticamente sustentables para la producción de alimentos y energía, a partir de bajos insumos externos, altas tasas de reciclaje e integración ganadería-agricultura, como objetivos para lograr la seguridad alimentaria de manera sostenible. Las tipologías son las siguientes: BIOMAS 1A (fuerte integración de alimentos y energía), BIOMAS 1B (en vías de incrementar la integración) y BIOMAS 1C (estadios iniciales).

Evaluación del impacto generado. Se han realizado estudios socio-económicos y ambientales a partir de un programa de monitoreo y evaluación, dirigidos a evaluar el impacto de la producción integrada de alimentos y energía en 87 escenarios productivos de quince municipios, durante su primera fase.

El análisis económico-financiero realizado en su Fase I (2009-2011), pero con horizonte hasta 2014, reveló relación beneficio/costo de 3.4, incluida la inversión realizada por la cooperación de Suiza y las contrapartes cubanas. Asimismo, se calculó un valor actual neto (VAN) superior a 34 millones de CUP (pesos cubanos) y una tasa interna de retorno de la inversión (TIR) de 7,4 %, con la recuperación de la inversión al inicio del 2011. Esto confiere al proyecto una adecuada eficiencia. Además, se calculó utilidad neta superior a 48,2 millones de pesos cubanos, entre 2009 y 2014 (Suárez *et al.* 2012). Se generó incremento de la producción de alimentos de origen vegetal y animal (3 196 t de vegetales, frutas, leches, carnes y huevos en 2009-2011), en el que influyó directamente el proyecto. Según evaluaciones a precios del mercado local, la producción se incrementó de 1.6 a 20.6 millones de pesos, y se diversificaron notablemente los renglones productivos. Además, la producción de alimentos, plántulas de árboles, biogás y bioabonos,

entre 2009 y 2011, alcanzó 22 987 843 pesos cubanos.

En las mejoras logradas en la calidad de vida, se destacan la creación de 108 empleos directos, con salario medio mensual superior al salario medio de las provincias involucradas. De estos, el 14 % son ocupados por mujeres en igualdad de condiciones. Se comprobó además, mejora del nivel de vida de 1 823 personas de forma directa, por incremento de empleos, ingresos, acceso a equipos e insumos productivos, mejores condiciones de trabajo y disponibilidad del servicio de cocción con gas. Esto representa incremento del poder y del nivel de vida de las mujeres campesinas, que deciden superarse y comenzar una vida laboral para adquirir independencia económica.

Impacto ambiental. Entre 2009 y 2011 (Suárez *et al.* 2012) se ha generado un impacto ambiental positivo, asociado a la reforestación, con más de 135 000 árboles y el secuestro de CO₂. Se constató además, la producción de biodiesel, con una favorable productividad energética del sistema agroindustrial de 1/5, así como la sustitución de combustibles fósiles y la disminución de las emisiones de CO₂ y SO₂. También se eliminó la contaminación generada por excretas vacunas y porcinas, la producción de bioabonos para mejorar los suelos, y la gasificación de biomasa leñosa que, además de producir electricidad, permite utilizar residuales contaminantes y eliminar potenciales focos de incendios, como son los residuos de aserríos y de la poda de sistemas agroforestales, con eficiencia de conversión muy superior a la combustión tradicional de la biomasa.

Referencias

Blanco, D., Cepero, L., Donis, F., González, O., García, Y., Martín, G., Suárez, J., Ojeda, F., Catalá, R., Medina, R., Díaz, M., Fonte, L., Ramírez, I., Sánchez, S. & Miranda, T. 2012. Hplus®, un bioproducto de amplio uso agropecuario basado en microorganismos nativos. En: Suárez, J. & Martín, G. (Eds.). La biomasa como fuente renovable de energía en el medio rural: La experiencia del proyecto BIOMAS-CUBA. Estación Experimental “Indio Hatuey”. Matanzas, Cuba. p. 150-180

Cepero, L., Savran, V., Blanco, D., Díaz, M.R., Suárez, J. & Palacios, A. 2012. Producción de biogás y de bioabonos a partir de efluentes de biodigestores. En: Suárez, J. & Martín, G. (Eds.) La biomasa como fuente renovable de energía en el medio rural: La experiencia del proyecto BIOMAS-CUBA. Estación Experimental “Indio Hatuey”. Matanzas, Cuba. Pp.131-142

Cepero, L., Recio, A.A., Palacios, A., Iglesias, Y. & Suárez, J. 2012. Gasificación de biomasa para la producción de electricidad. En: J. Suárez & G. Martín (Eds.) La biomasa como fuente renovable de energía en el medio rural: La experiencia del proyecto BIOMAS-CUBA. Estación Experimental “Indio Hatuey”. Matanzas, Cuba. p. 143-149

Funes, F.R., Martín, G., Suárez, J., Blanco, D., Reyes, F., Cepero, L., Rivero, J.L., Rodríguez, E., Savran, V., Valle, Y., Cala, M., Vigil, M., Sotolongo, J.A., Boillat, S. & Sánchez, J.E. 2012. Evaluación de sistemas integrados para la producción de alimentos y energía en Cuba. En: Suárez, Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 48, Número 1, 2014.

J. & Martín, G. (Eds.) La biomasa como fuente renovable de energía en el medio rural: La experiencia del proyecto BIOMAS-CUBA. Estación Experimental “Indio Hatuey”. Matanzas, Cuba. p. 181-195

Machado, R., Sotolongo, J.A. & Rodríguez, E. 2012. Caracterización de colecciones de oleaginosas útiles para la producción de biocombustible en bancos de germoplasma. En: Suárez, J. & Martín, G. (Eds.) La biomasa como fuente renovable de energía en el medio rural: La experiencia del proyecto BIOMAS-CUBA. Estación Experimental “Indio Hatuey”, Matanzas, Cuba. p. 41-69

Rodríguez, C., Lafargue, F., Sotolongo, J. A., Rodríguez, A. & Chitue de Assuncao, J. 2012a. Aceite vegetal de *Jatropha curcas* como posible biolubricante. En: Suárez, J. & Martín, G. (Eds.) La biomasa como fuente renovable de energía en el medio rural: La experiencia del proyecto BIOMAS-CUBA. Estación Experimental “Indio Hatuey”. Matanzas, Cuba. p. 113-121

Rodríguez, C., Lafargue, F., Sotolongo, J. A., Rodríguez, A. & Chitue de Assuncao, J. 2012b. Aceite de *Jatropha curcas* como mejorador de la lubricidad del combustible diésel. En: Suárez, J. & Martín, G.J. (Eds.) La biomasa como fuente renovable de energía en el medio rural: La experiencia del proyecto BIOMAS-CUBA. Estación Experimental “Indio Hatuey”. Matanzas, Cuba. p. 122-130

Sotolongo, J. A., Suárez, J., Martín, G., Cala, Marlenis; Vigil, María; Toral, Odalys; Reyes, F. & Santana, H. 2012. Producción integrada de biodiesel y alimentos: la concepción de una tecnología agroindustrial apropiada para Cuba. En: Suárez, J. & Martín, G. (Eds.) La biomasa como fuente renovable de energía en el medio rural: La experiencia del proyecto BIOMAS-CUBA. Estación Experimental “Indio Hatuey”. Matanzas, Cuba. p. 100-112

Suárez, J. & Martín, G. 2010. 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

Suárez, J., Martín, G., Sotolongo, J.A., Rodríguez, E., Savran, V., Cepero, L., Funes, F., Rivero, J.L., Blanco, D., Machado, R., Martín, C. & García, A. 2011a. Experiencias del proyecto BIOMAS-CUBA. Alternativas energéticas a partir de la biomasa en el medio rural cubano. *Pastos y Forrajes* 34 (4): 473-496

Suárez, J., Martín, G., Sotolongo, J.A., Cepero, L. & Hernández, R. 2012. Impacto de la producción integrada de alimentos y de energía. Contribución a la seguridad alimentaria, ambiental y energética. En: Suárez, J. & Martín, G. (Eds.) La biomasa como fuente renovable de energía en el medio rural: La experiencia del proyecto BIOMAS-CUBA. Estación Experimental “Indio Hatuey”. Matanzas, Cuba. p. 196-207

Recibido: Septiembre 2013