

## Índice de aprovechamiento de fuentes renovables de energía, asociadas a tecnologías apropiadas en fincas familiares en Cuba

### Utilization index of renewable energy sources, associated to appropriate technologies in family farms in Cuba

Leidy Casimiro-Rodríguez<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-0530-3786>; José Antonio Casimiro-González<sup>2</sup>, <https://orcid.org/0000-0001-6551-7949>; Jesús Suárez-Hernández<sup>2</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-6232-1251>; Giraldo Jesús Martín-Martín<sup>2</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-8823-1641>; e Irán Rodríguez-Delgado<sup>3</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-6453-2108>

<sup>1</sup>Universidad de Sancti Spiritus, Ave. de los Mártires, CP 60100, Sancti Spiritus, Cuba. <sup>2</sup>Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, Ministerio de Educación Superior, Central España Republicana, CP 44280 Matanzas, Cuba. <sup>3</sup>Universidad Técnica de Machala, Carretera Panamericana, Machala, CP 070102, El Oro, Ecuador. \*Correspondencia: [leidy7580@gmail.com](mailto:leidy7580@gmail.com)

#### Resumen

**Objetivo:** Concebir un índice de medición del potencial de aprovechamiento de las fuentes renovables de energía con tecnologías apropiadas en 25 fincas de Cuba.

**Materiales y Métodos:** Se diseñó una propuesta a partir de la metodología Delphi, validada mediante el coeficiente de concordancia de Kendall. Se obtuvo el Índice de Aprovechamiento de Fuentes Renovables de Energía, aplicado en la Finca del Medio, en la provincia de Sancti Spiritus, Cuba, a partir de un estudio longitudinal con tres etapas diferentes (1995-2000, 2001-2006, 2007-2016).

**Resultados:** Como consecuencia de la implementación del Índice, se determinó que el autoabastecimiento de energía en esta finca es de 83,6 %. Durante el 2016, se evaluaron otras 24 fincas representativas, destacadas por su participación en procesos de innovación tecnológica y desarrollo de los principios de la agroecología. Se caracterizó la situación que presentan en cuanto al uso de las fuentes renovables de energía. Se constató su pobre aprovechamiento (solo 20 % en el mejor de los casos).

**Conclusiones:** El análisis del Índice de Aprovechamiento de Fuentes Renovables de Energía en la Finca del Medio demostró que, a partir del uso de tecnologías apropiadas, la demanda energética se abastece en 83,7 % con fuentes renovables de energía.

**Palabras clave:** energía, explotaciones agrarias, diversificación, innovación

#### Abstract

**Objective:** To conceive a measurement index of the utilization potential of renewable energy sources with appropriate technologies in 25 farms of Cuba.

**Materials and Methods:** A proposal was designed from the Delphi methodology, validated through Kendall's coefficient of concordance. The Utilization Index of Renewable Energy Sources was obtained, applied in the del Medio farm, in Sancti Spiritus province, Cuba, from a longitudinal study with three different stages (1995-2000; 2001-2006; 2007-2016).

**Results:** As consequence of the implementation of the Index, it was determined that the energy self-supply in this farm is 83,6 %. During 2016, other 24 representative farms, which stand out for their participation in processes of technological innovation and development of agroecology principles, were evaluated. The situation they show regarding the use of renewable energy sources was characterized. Their poor utilization (only 20 % in the best case scenario) was observed.

**Conclusions:** The analysis of the Utilization Index of Renewable Energy Sources in the del Medio farm showed that, from the use of appropriate technologies, the energy demand is supplied in 83,7 % with renewable energy sources.

Keywords: energy, agricultural farms, diversification, innovation

#### Introducción

Históricamente, la agricultura cubana se ha destacado por depender de las importaciones de insumos externos para la producción agropecuaria y por sobreexplotar los recursos suelos y agua, sin valorar

el uso óptimo de los residuales y el cierre de ciclos para elevar la eficiencia de los procesos. Esto ha causado la degradación del 76 % de los suelos agrícolas (García *et al.*, 2014), altos costos de producción

Recibido: 11 de julio de 2019

Aceptado: 17 de septiembre de 2019

Como citar este artículo: Rodríguez, Leidy Casimiro; Casimiro-González, J. A.; Suárez-Hernández, J.; Martín-Martín, G. J. & Rodríguez-Delgado, I. Índice de aprovechamiento de fuentes renovables de energía, asociadas a tecnologías apropiadas en fincas familiares en Cuba. *Pastos y Forrajes*. 42 (4):253-261, 2019.

Este es un artículo de acceso abierto distribuido en Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/> El uso, distribución o reproducción está permitido citando la fuente original y autores.

y pérdida de la capacidad alimentaria en muchas comunidades, entre otras consecuencias.

Sin embargo, en el modelo agrícola cubano, la agricultura familiar, con prácticas agroecológicas y diversificación en sus sistemas agropecuarios, produce más alimentos por hectárea que cualquier otra explotación comercial de la agricultura industrial. Esta modalidad genera la mayoría de los alimentos que son fundamentales para la población: más del 75 % de lo producido en Cuba (ONEI, 2018). Además, alcanza rendimientos por unidad de superficie superiores a los de los métodos convencionales, con mayor eficiencia energética (Casimiro-Rodríguez, 2016).

Las diferentes prácticas agroecológicas en estos sistemas tienen carácter preventivo y multipropósito. Se realizan con dependencia mínima de agroquímicos, combustibles fósiles y subsidios de energía, lo que conduce a sistemas agrícolas complejos que autogeneran fertilidad y productividad (Nicholls *et al.*, 2016). Por este motivo, la agroecología se perfila como la opción más viable para la producción agropecuaria ante las limitaciones energéticas, climatológicas y financieras actuales (Nicholls *et al.*, 2016; Gliessman, 2018). Este tipo de agricultura alternativa apuesta por las capacidades del pequeño agricultor, el conocimiento campesino y el logro de la soberanía alimentaria, tecnológica y energética de una finca, territorio o nación.

En este contexto, el uso de fuentes renovables de energía (FRE), con tecnologías apropiadas (TA) y contextualizadas en un sistema socioecológico, es un elemento clave para lograr el autoabastecimiento de alimentos con los recursos locales disponibles, a la vez que contribuye a la eficiencia energética y productiva sobre bases sostenibles, a la disminución de los costos y a la mínima dependencia de recursos externos. Estas condiciones contribuyen directamente a elevar la resiliencia socioecológica y a disminuir la vulnerabilidad de una finca ante los efectos del cambio climático u otros eventos que pueden afectar su capacidad de permanencia en el tiempo.

El objetivo de esta investigación fue concebir un índice de medición del potencial de aprovechamiento de las fuentes renovables de energía con tecnologías apropiadas en 25 fincas de Cuba.

## Materiales y Métodos

La propuesta de medición del Índice de Aprovechamiento de las Fuentes Renovables de Energía (IAFRE)

se planteó en un análisis valorativo en un panel de expertos, constituido por 13 especialistas en el tema. Se utilizó para ello la metodología Delphi (Horriño *et al.*, 2016) (fig. 1). El primer cuestionario se elaboró por los autores del estudio y se valoró por el panel. Los criterios se procesaron mediante el coeficiente de concordancia de Kendall (Medina *et al.*, 2011). Una vez definido el índice y su forma de cálculo, con el propósito de ganar experiencia se evaluó la propuesta en la Finca del Medio durante tres períodos (1995-2000; 2001-2006 y 2007-2016). Posteriormente, durante el 2016, se implementó en 24 fincas familiares cubanas, distribuidas en seis provincias y 11 municipios.

Mediante el método de Kendall (Medina *et al.*, 2011) se verificó la concordancia entre los juicios expresados por el panel de expertos. Se solicitó que emitieran su criterio con respecto a la idoneidad del uso del índice y los umbrales, considerados en su evaluación como muy favorables y muy poco favorables.

El criterio para la selección de las 24 fincas tuvo en cuenta la participación comunitaria destacada de cada una de ellas en la producción de alimentos y en el desarrollo de prácticas agroecológicas, articuladas a los principales proyectos locales que se implementaron en los últimos años en cada territorio.

Para conocer la estructura y el funcionamiento de las fincas, se describieron los límites y superficie (área) del sistema, los subsistemas, sus interacciones principales, así como las entradas y salidas. Se utilizó para ello la ficha de captura de información, propuesta por Casimiro-Rodríguez (2016).

Las fincas se encuentran en las provincias de Las Tunas, Holguín, Sancti Spíritus, Santa Clara, Matanzas y Mayabeque. Los criterios de selección de la muestra no probabilística (24 fincas) se basaron en la representatividad de varias provincias y municipios, con vinculación a los proyectos BIOMAS-CUBA<sup>1</sup> y PIAL<sup>2</sup>. Se trata de fincas en transición agroecológica, con gran heterogeneidad entre sí, en lo que respecta a los diferentes niveles de diversidad de especies de cultivos, animales y forestales. Cada finca representó un caso especial, por sus propósitos de producción, relaciones de mercado, características de manejo, tipos de suelo y de propiedad, entre otros aspectos.

## Resultados y Discusión

Luego de las valoraciones de los expertos, se reforzó la noción de la importancia de la capacidad

<sup>1</sup>Proyecto de colaboración internacional, financiado por la Cooperación Suiza para el Desarrollo (COSUDE) e implementado en Cuba por la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey.

<sup>2</sup>Programa de Innovación Agropecuaria Local, Cuba, del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas y financiado por COSUDE.

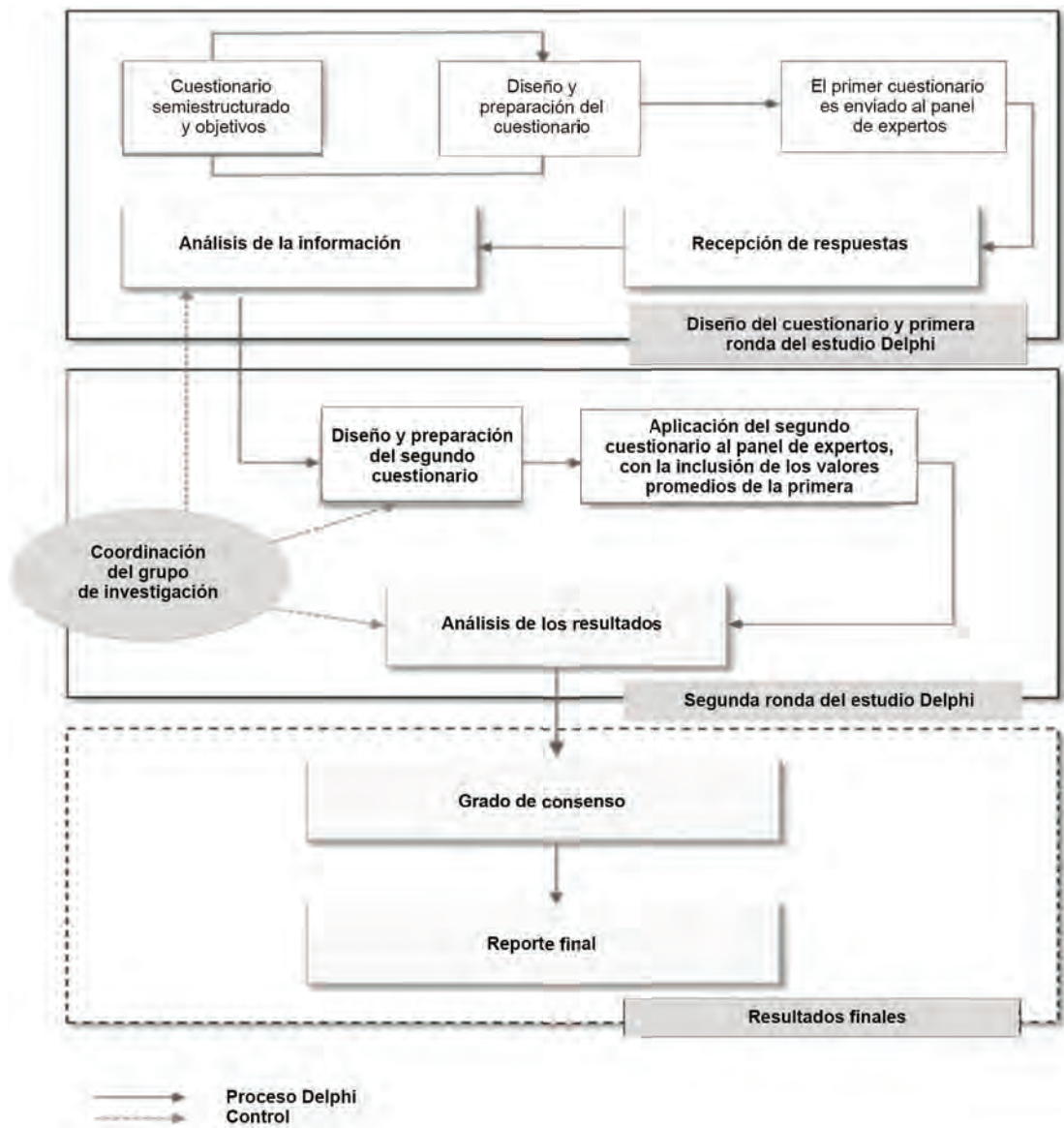


Figura 1. Metodología Delphi.  
Fuente: Horrillo *et al.* (2016)

de aprovechamiento de las fuentes renovables de energía (FRE) a partir de tecnologías apropiadas, contextualizadas a un sistema socioecológico.

El índice de concordancia de Kendall fue de 0,59, por lo que hubo criterios coincidentes entre todos los miembros que conformaron el panel. Esto permitió considerar confiable el estudio realizado y validar la propuesta (Medina *et al.*, 2011). En la tabla 1 se muestra la valoración y el cálculo del índice.

El IAFRE es un nuevo indicador, condicionado por el potencial de aprovechamiento de las FRE con tecnologías, *versus* la demanda total de energía

del sistema, expresada en kilowatts-horas. Se define como el porcentaje de energía aprovechada en un año dentro del sistema con las FRE y el uso de tecnologías apropiadas. Su equivalente se mide en megajoules y el costo energético en kWh, que conllevaría a abastecerse igualmente de esta energía a partir de la electricidad. El índice se utiliza como base conceptual, metodológica y práctica para la propuesta de alternativas tecnológicas, válidas para cada contexto, que posibiliten el uso más eficiente de las FRE disponibles en cada sistema.

Tabla 1. Índice de aprovechamiento de las fuentes renovables de energía (IAFRE), asociadas a tecnologías apropiadas

Índices de aprovechamiento FRE	Potencial de aprovechamiento de las FRE, asociado a tecnologías, al considerar el potencial utilizable en la finca (%).	$\text{IAFRE} = \frac{\text{PAFRE}}{\text{DES}} \times 100 (\%)$	
		Donde: PAFRE = Potencial aprovechado de las FRE con tecnologías apropiadas. DES: Demanda de energía del sistema.	Escala de valoración* IAFRE > 75 %; 5 75 % ≥ IAFRE > 50 %; 4 50 % ≥ IAFRE > 35 %; 3 35 % ≥ IAFRE > 20 %; 2 20 % ≥ IAFRE = 0; 1

\*Escala de 1 a 5, donde 5 es el valor más favorable y 1 el menos favorable.

La aplicación del índice permitirá, a corto plazo, determinar la capacidad de aprovechamiento y uso de las FRE con TA, de modo que sea posible la identificación de los puntos críticos del diseño y manejo del sistema, así como el establecimiento de planes estratégicos que mejoren los resultados en el futuro.

A largo plazo, y por medio de aplicaciones periódicas, se muestra el progreso y la dinámica de sistema. Esto contribuirá además, a desarrollar procesos efectivos en la toma de decisiones por parte de los agricultores, quienes pueden adoptar medidas para mejorar la eficiencia energética de las fuentes renovables. También los decisores tendrán la posibilidad de elaborar políticas agrarias que fomenten el uso de tecnologías apropiadas para el máximo aprovechamiento de la energía solar, eólica, hidráulica, fotovoltaica y de biomasa, entre otras.

El proceso de transición agroecológica (1995 a 2015) en la Finca del Medio, donde se aplicó primero el IAFRE, dejó ver tres períodos que se diferenciaron considerablemente, al tener en cuenta la proyección estratégica de la familia campesina y el diseño y manejo del sistema socioecológico. Por tanto, este estudio se centró en los procesos de transformación para cada uno de estos períodos:

- Período I (1995-2000): manejo agropecuario basado en prácticas y paquetes tecnológicos de la agricultura convencional, uso de agroquímicos, desarrollo de monocultivo especializado, procesos de innovación y experimentación campesina en todo el estudio longitudinal.
- Período II (2001-2005): cambio de mentalidad, concepción de la agricultura enfocada en la introducción de prácticas agroecológicas, diversificación de la producción y uso de abonos orgánicos.
- Período III (2006-2016): manejo y diseño agroecológico, uso de tecnologías apropiadas para el máximo aprovechamiento de las FRE y los recursos disponibles en la localidad.

Para los dos primeros períodos, en la evaluación del IAFRE, se obtuvo el valor mínimo (0), ya que no se disponía de TA para el aprovechamiento directo de las FRE. No obstante, en la última etapa, a partir del vínculo con importantes centros de investigación en Cuba, como el Centro Integrado de Tecnologías Apropiadas (CITA) de Camagüey y la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, además de los proyectos de desarrollo local, se implementaron y validaron en la finca nuevas tecnologías que favorecieron el uso de las FRE (arietes hidráulicos, aerobombas y biodigestores).

El IAFRE, en los dos primeros períodos, mostró los valores mínimos. Sin embargo, obtuvo en el tercer período 83,7 %, valor que proviene del uso de fuentes de energía renovables apropiadas. La tabla 2 muestra el porcentaje de energía generada y aprovechada en la finca durante un año. Esta cifra deja ver además, las mediciones equivalentes en MJ y el costo energético (kWh) de abastecer a la finca de energía eléctrica que proviene de la red nacional.

Este análisis mostró el efecto del aprovechamiento de las FRE en el ahorro del consumo energético y en minimizar los costos monetarios. Se demostró además, el aporte que pueden tener las tecnologías apropiadas en el desarrollo de la agroecología con el uso de los recursos localmente disponibles.

Durante el proceso de experimentación, innovación y adopción de estas tecnologías, la familia constató en el entorno local la ausencia de especialistas en servicios de reparación tecnológica integral. Esto influyó en que sus integrantes se especializaran en cada una de las tecnologías, y que se obtuvieran como resultado 22 innovaciones en el sistema de los arietes hidráulicos, además de contribuir con el CITA a la fabricación de equipos eficientes. En este período, se desarrollaron también investigaciones relacionadas con el desarrollo de esta tecnología en la región. Al mismo tiempo,

Tabla 2. Energía generada y aprovechada en la finca en un año, con FRE y el uso de TA.

Tecnología apropiada	Usos	Descripción	Gastos kWh /año	Equivalente en MJ
Fogón eficiente de leña	Cocción de alimento familiar y animal, deshidratado de frutas, condimentos, horneado, calentamiento de agua.	A razón de 50 kWh diarios	18 250,0	65 700,0
Biodigestor	Producción de bioabonos y biogás para la cocción, secado, deshidratación, horneado y refrigeración de alimentos, generación de electricidad y calentamiento de agua.	Consumo de 6 m <sup>3</sup> de biogás diario (1 m <sup>3</sup> equivale, aproximadamente, a 6 kWh) (Cepero <i>et al.</i> , 2012)	13 140,0	47 304,0
Ariete hidráulico	Abastecimiento de agua	A razón de 12 kWh diarios por siete meses del año, durante las 24 horas del día (junio a diciembre).	2 568,0	9 244,8
Aerobomba	Abastecimiento de agua	A razón de 1 kWh diario por cinco meses del año, cuatro horas promedio/día (enero a mayo).	151,0	543,6
PAFRE	Abastecimiento de agua, energía para la cocción, deshidratación y horneado de alimentos, refrigeración y alumbrado, entre otros.	Potencial aprovechado de las FRE con tecnologías apropiadas	34 109,0 (93,5 kWh /día)	122 792,4
Consumo de energía externa	Electrificación de la vivienda	Se refiere a la energía importada en esta fase, equivalente al consumo para la electrificación de la vivienda.	6 660,0 (18,3 kWh /día)	23 976,0
DES	PAFRE+ Consumo de energía externa al sistema	Demanda total de energía en el sistema, al considerar el consumo ( <i>kilowatts</i> ) que representa abastecer la finca a partir de las FRE y las TA (PAFRE) y el consumo externo al sistema.	40 769,00	146 768,40
IAFRE, %		IAFRE=(PAFRE/DES)x100	83,7	83,7
Equivalente en USD de PAFRE		El costo de 1 kWh entregado en Cuba es de 0,211 USD (Cepero <i>et al.</i> , 2012).	7 197,0	

IAFRE: Índice de aprovechamiento del potencial de fuentes renovables de energía, FRE: Fuentes renovables de energía, PAFRE: Potencial aprovechado de las FRE con tecnologías, DES: Demanda de energía del sistema, TA: Tecnología apropiadas

con las aerobombas se obtuvo un sistema de captación de agua que mejoró la eficacia del sistema de arietes. Adicionalmente, se implementaron nuevos métodos para el montaje y desmontaje de aerobombas con herramientas novedosas, que hacen estas operaciones más rápidas y eficientes, y facilitan su mantenimiento en caso de tormentas, ciclones o fuertes vientos. No se excluyen aquí los diseños mejorados para la construcción de biodigestores y el manejo de los efluentes líquidos y sólidos.

Las innovaciones demostraron la importante función que desempeñan los procesos de contextualización, adopción y perfeccionamiento de los resultados científicos. Asimismo, pusieron de manifiesto la importancia de los vínculos entre el sector académico y este tipo de agricultura. Se evidenció además, la relevancia de la innovación campesina en su contribución al desarrollo rural local, lo que coincide con lo señalado por Vázquez y Martínez (2015).

En el período lluvioso (mayo-octubre), la Finca del Medio se abastece, como promedio, con 20 000 L diarios de agua que se almacenan en depósitos ubicados en la parte alta de la finca mediante la utilización de aríetes hidráulicos, situados en el embalse, y un sistema de conducción soterrado, que posibilita llevar el agua a 400 metros de distancia y 18 metros de altura. Esto permite, posteriormente, con el aprovechamiento de la fuerza de gravedad, aplicar distintas técnicas de riego a los cultivos, abastecer los animales y garantizar el uso doméstico, cuidando de no arrastrar partículas del suelo. Es importante resaltar que, si el aforo se realiza en distancias menores, la disponibilidad de agua se multiplica.

En el período menos lluvioso (noviembre-abril), el ciclo del agua se complementa en la finca con las dos aerobombas instaladas en pozos artesanos, que abastecen al sistema con 4 000 L diarios, como promedio. La implementación de esta infraestructura ha permitido generar un ciclo cerrado del agua con diseños realizados desde el mismo sistema. En el futuro se prevé el uso de otras tecnologías, como los sistemas de riego accionados por celdas fotovoltaicas y los aerogeneradores.

Una disponibilidad constante de agua, aunque limitada, favorece el ahorro y el aprovechamiento óptimo del recurso hídrico, por lo que la cultura de utilizarlo en el momento preciso y en la cantidad requerida forma parte del diseño y manejo socioecológico. Además, a partir de un sistema de captación, implementado en el techo de las viviendas, se aprovecha el agua de lluvia. Este régimen forma parte de los procesos de innovación generados por la familia en su interactuar con el agroecosistema.

El fogón eficiente es una nueva tecnología diseñada en la finca (construido y reconstruido 13 veces, para llevarlo al nivel máximo de eficiencia). Tiene la capacidad de realizar varias funciones con poca energía: cocción de alimentos, deshidratación de frutas y especias, calentamiento del agua y tratamiento para la conservación de carne, entre otras.

Dos biodigestores en serie propician la energía suficiente para la refrigeración, horneado, cocción y deshidratación de alimentos, con consumo promedio de 6 m<sup>3</sup>/día de biogás. Estos biodigestores producen biofertilizantes a partir de sus efluentes (650 kg/día), que se utilizan en el fertirriego de los

cultivos por gravedad. Esta producción de bioabonos se complementa con 10 t de humus de lombriz/año y 20 t de lodo/año, ricos en nutrientes que se extraen del fondo del embalse en el período menos lluvioso.

Los bioabonos se utilizan para la nutrición de diferentes cultivos mediante la fertilización de las áreas agrícolas de la finca, lo que posibilita restaurar la fertilidad natural del suelo. En esta finca, la familia campesina aplica el principio de que por cada kilogramo que se obtiene de alimento, se deben aportar al suelo 5 kg de abono orgánico.

En la evaluación realizada a 24 fincas de otros municipios y provincias, se constató gran heterogeneidad, aunque se destacaron algunos rasgos comunes:

- La familia campesina vive en el sistema productivo y constituye, fundamentalmente, la mano de obra.
- La familia campesina se autoabastece de alimentos en más del 75 %, como promedio.
- La familia campesina está incorporada a diferentes organizaciones de masa y a las Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS)<sup>3</sup>.
- La ganadería y la agricultura se encuentran asociadas (en mayor o menor grado).
- Es escasa la presencia de TA para el aprovechamiento de las FRE.
- El acceso a los insumos agropecuarios es pobre, debido a su costo y a la poca oferta. En el entorno local hay ausencia de especialistas en servicios de instalación o reparación tecnológica.

La tabla 3 muestra la caracterización del resto de las fincas, en cuanto al área, objeto social y evolución de la transición agroecológica, además del IAFRE.

El aprovechamiento de las FRE fue más eficiente en las fincas que disponen de biodigestores y aerobombas, lo que permite utilizar el biogás para la cocción y refrigeración de alimentos y aprovechar los beneficios de la energía eólica para el abastecimiento de agua a la familia y a los animales. El valor más significativo en el aprovechamiento de las FRE lo obtuvo la finca Los Pinos. En las fincas con valor cero, se evidenció el peor comportamiento para este indicador, lo que se debe a que no se aprovechan las FRE con TA.

Por lo general, en todas las fincas se desaprovecha el potencial de las FRE, a lo que contribuye la

<sup>3</sup>Las CCS constituyen una forma cooperativa de gestión agropecuaria, conformada por los predios de pequeños agricultores que se asocian de forma voluntaria y tienen la propiedad o el usufructo de sus respectivas tierras y demás medios de producción, así como la producción que obtienen. Es una forma de cooperación agraria mediante la que se tramita y viabiliza la asistencia técnica, financiera y material que el Estado brinda para la producción de los agricultores pequeños y la comercialización de sus productos. Tiene personalidad jurídica propia.

Tabla 3. Comportamiento del IAFRE en las 24 fincas familiares evaluadas (año 2016).

Provincia	Municipio	Nombre de la finca	Área, ha	Objeto social	Tecnologías apropiadas vs FRE	Evolución de la TA*	IAFRE
Mayabeque	San José	El Mulato	14,5	Cultivos varios	-	3	0
	Jovellanos	La Coincidencia	23,0	Cultivos varios	B, AB	3	15
	Perico	La Palma	13,4	Vacuno	-	3	0
	Perico	Mercedita	5,1	Frutales	-	3	0
Matanzas	Calimete	La Arboleda	7,0	Cultivos varios	AB	3	5
	Calimete	Godínez	3,5	Porcino	B	2	15
	Colón	Huerto Escolar	13,4	Vacuno	-	2	0
	Colón	La Quinta	33,0	Vacuno	B	3	15
Santa Clara, macizo montañoso Guamuhaya	Colón	La Cantera	3,0	Cultivos varios	-	4	0
	Manicaragua	El Piñal	0,6	Café	-	3	0
	Manicaragua	Salvaremos el futuro	17,0	Café	-	5	0
	Manicaragua	El Girasol	2,5	Café	-	4	0
Sancti Spíritus	Cabaiguán	Flor del Cayo	9,6	Tabaco	B	3	15
	Cabaiguán	Las Dos Rosas	12,4	Tabaco	B	3	15
	Sancti Spíritus	San José	9,2	Tabaco	B	4	15
Sancti Spíritus macizo montañoso Guamuhaya	Trinidad	La Cuba	6,4	Café	-	3	0
	Trinidad	La Providencia	26,0	Café	-	3	0
	Trinidad	El Manantial	2,0	Café	-	4	0
	Trinidad	Mangos Pelones	8,3	Café	-	3	0
	Trinidad	El Jengibre	3,0	Café	-	3	0
Holguín	Trinidad	Orlando García	4,0	Café	-	3	0
	Gibara	Santa Ana	5,0	Cultivos varios	B	5	15
Las Tunas	Manatí	Los Pinos	19,1	Cultivos varios	B, AB	3	20
	Las Tunas	Recompensa	9,0	Porcino	B	2	15

IAFRE: Índice de aprovechamiento del potencial de fuentes renovables de energía, FRE: Fuentes renovables de energía, TA: Tecnología apropiadas, B: Biodigestores; AB: Molinos a viento.

\*Evolución de la TA: 1-Totalmente agricultura convencional; 2-Desarrollo de algunas prácticas agroecológicas; 3-Desarrollo de prácticas agroecológicas, combinadas con el uso de agroquímicos y concentrados externos; 4-Predominan el diseño y manejo agroecológico, aunque utilizan algunos agroquímicos y concentrados externos; 5-Total manejo y diseño agroecológico.

inexistencia en el mercado nacional de las tecnologías apropiadas y recursos para su instalación, puesta en marcha y mantenimiento. A ello se adiciona el alto costo de adquisición de tecnologías que se comercializan en Cuba, lo que imposibilita el acceso por parte de las familias campesinas.

En estudios realizados por Casimiro-Rodríguez (2016), se determinó que las fincas familiares en transición agroecológica tienen favorables índices de innovación, capacidad de cambio tecnológico y articulación local. Esto se evidenció en los recorridos de campo y entrevistas a las familias campesinas que

han creado tecnologías propias o innovaciones a tecnologías a partir de recursos localmente disponibles. Sus resultados se han expuesto en foros regionales de ciencia y técnica, en intercambios de experiencias con la metodología Campesino a Campesino, liderados por la Asociación Nacional de Agricultores Pequeños (ANAP). Estas fincas tienen, además, vínculos con proyectos de desarrollo local y son reconocidas como faros agroecológicos. Constituyen espacios para la realización de prácticas y estudios con diferentes universidades. Estos elementos son fundamentales para asimilar, por parte de las familias, nuevos diseños

y tecnologías que contribuyan al aprovechamiento de las FRE.

Todo lo anterior favorece el empoderamiento de las familias y el enfoque de género (Ravera *et al.*, 2016). A esto contribuyen proyectos como BIOMAS-CUBA y PIAL, que refuerzan la vinculación efectiva con centros de investigación, universidades y espacios de concertación mediante las plataformas municipales. Esta vinculación posibilita la creación de capacidades y la adopción de nuevas tecnologías, entre otros procesos que facilitan la reconversión agroecológica (Vázquez y Martínez, 2015), debido fundamentalmente a la interacción constante en cursos de capacitación e intercambio, así como al acceso a nuevas tecnologías a partir del apoyo de organismos nacionales e internacionales. Se incluyen además, la evaluación de la eficiencia, la sistematización de las buenas prácticas, el diseño y rediseño de estrategias en las fincas para aumentar su resiliencia.

En las 24 fincas se debe incrementar el aprovechamiento de las FRE con tecnologías apropiadas para el uso de las energías solar, hidráulica, eólica y la utilización de la biomasa, y disminuir así la entrada de insumos externos, fundamentalmente energía convencional para el riego de los cultivos. Lo anterior contribuiría además, a elevar la eficiencia del trabajo familiar y a agregar valor a sus producciones, de modo que se pueda incrementar la diversidad de productos, se amplíen los procesos de producción en la finca y, por tanto, se obtengan mayores ganancias económicas.

Es necesario establecer una estrategia de rediseño en la que participen las familias campesinas y los diferentes actores y decisores (locales y nacionales) en torno al desarrollo de una agricultura energéticamente eficiente, con el uso de las FRE. Esta estrategia contribuirá a la sustitución de importaciones, a la resiliencia de los sistemas y a elevar la eficiencia económica y productiva, al depender de energía que está siempre disponible. Asimismo, establecerá el cierre de ciclos e interrelaciones funcionales con cada componente del agroecosistema. Argumentos como estos coinciden con los criterios de Darnhofer (2014), Cruz y Cabrera (2015) y Darnhofer *et al.* (2016).

Las fincas que tienen biodigestor deben realizar un uso eficiente del total de biogás producido y de los efluentes líquidos y sólidos para la fertilización de los diferentes cultivos. En las fincas que no se usa en su totalidad, el proyecto BIOMAS-CUBA (Fase III) elabora estrategias para el desarrollo de redes de distribución de biogás que beneficiarían a

viviendas cercanas a las fincas. Asimismo, diseña modelos de producción de abonos orgánicos, destinados al autoconsumo y comercialización de los excedentes.

Los diversos actores de las instituciones cubanas involucradas en esta estrategia deben prestar especial atención al fomento de las tecnologías que inciden en la eficiencia de las fincas agropecuarias en todas sus aristas (energética, económica, ambiental, sociopolítica, cultural). Desde esta perspectiva, el país dejaría de otorgar subsidios para la electrificación de viviendas y el uso de combustibles fósiles en la producción agropecuaria, entre otras ventajas. Estos recursos pudieran ser utilizados para la contextualización de varias tecnologías en las fincas, como pueden ser los paneles fotovoltaicos para la generación de electricidad y el riego, las aerobombas para el uso de la energía eólica en el suministro de agua y la construcción de biodigestores, entre otras. Dichas tecnologías aportarían a la independencia total del consumo energético convencional en las viviendas de los campesinos e incrementarían el ahorro de electricidad en Cuba.

Estos elementos permitirán a las familias campesinas manejar de forma holística, con opciones tecnológicas válidas para cada contexto, los recursos que poseen en su entorno, incorporando acciones colectivas y participativas. Sin embargo, para la garantía de estos resultados, se requiere perfeccionar las políticas públicas que favorezcan su desarrollo escalonado, en concordancia con lo expresado por González-de-Molina (2013).

## Conclusiones

El análisis del Índice de Aprovechamiento de Fuentes Renovables de Energía en la Finca del Medio demostró que, a partir del uso de tecnologías apropiadas, la demanda energética se abastece en 83,66 % con FRE.

El IAFRE es una herramienta utilizada para evaluar en una finca familiar el potencial de aprovechamiento de las FRE con tecnologías *versus* la demanda total de energía del sistema, expresada en kilowatts-horas.

## Agradecimientos

Se agradece al proyecto de cooperación internacional BIOMAS-CUBA, de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, que ha beneficiado a gran parte de las fincas estudiadas, al proveerlas de biodigestores y aerobombas, tecnologías que han incrementado el uso y la eficiencia de las fuentes de energía y la calidad de vida de las familias campesinas.



### Contribuciones de autores

- Leidy Casimiro Rodríguez: Contribuyó a la concepción y diseño; al análisis e interpretación de datos y redactó y/o revisó el artículo.
- José Antonio Casimiro González: Contribuyó a la concepción y diseño; al análisis e interpretación de datos y redactó y/o revisó el artículo.
- Jesús Suárez Hernández: Contribuyó a la concepción y diseño; al análisis e interpretación de datos y redactó y/o revisó el artículo.
- Giraldo Jesús Martín Martín: Contribuyó a la concepción y diseño; al análisis e interpretación de datos y redactó y/o revisó el artículo.
- Irán Rodríguez Delgado: Contribuyó a la concepción y diseño; al análisis e interpretación de datos y redactó y/o revisó el artículo.

### Declaración de Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

### Referencias bibliográficas

- Casimiro-Rodríguez, Leidy. *Bases metodológicas para la resiliencia socioecológica de fincas familiares en Cuba*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Agroecología. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia, 2016.
- Cepero, L.; Savran, Valia; Blanco, D.; Díaz, M. R.; Suárez, J. & Palacios, A. Producción de biogás y bioabonos a partir de efluentes de biodigestores. *Pastos y Forrajes*. 35 (2):219-226, 2012.
- Cruz, María C. & Cabrera, Carmen. *Permacultura. Familia y sustentabilidad*. La Habana: Fundación Antonio Núñez Jiménez, 2015.
- Darnhofer, Ika. Resilience and why it matters for farm management. *Eur. Rev. Agric. Econ.* 41 (3):461-484, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1093/erae/jbu012>.
- Darnhofer, Ika; Lamine, Claire; Strauss, Agnes & Navarrete, Mireille. The resilience of family farms: Towards a relational approach. *J. Rural Stud.* 44:111-122, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2016.01.013>.
- García, A.; Nova, A. & Cruz, B. A. *Economía cubana: transformaciones y desafíos*. La Habana: Editorial de Ciencias Sociales, 2014.
- Gliessman, S. Transforming our food systems. *Agroecol. Sustain. Food Syst.* 42 (5):475-476, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/21683565.2018.1412568>.
- González-de-Molina, M. Agroecology and politics. How to get sustainability? About the necessity for a political agroecology. *Agroecol. Sustain. Food Syst.* 37 (1):45-59, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10440046.2012.705810>.
- Horrillo, A.; Escribano, M.; Mesias, F. J.; Elghannam, A. & Gaspar, P. Is there a future for organic production in high ecological value ecosystems? *Agric. Syst.* 143:114-125, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2015.12.015>.
- Medina, A.; Piloto, N.; Nogueira, Danelys; Hernández, A.; Moya, A.; Alonso, R. *et al.* Estudio de la construcción de índices integrales para el apoyo al control de gestión empresarial. *Enfoque UTE*. 2 (1):1-38, 2011.
- Nicholls, Clara I.; Altieri, M. A. & Vazquez, L. L. Agroecology: principles for the conversion and redesign of farming systems. *J. Ecosys. Ecograph.* S5:010, 2016. DOI: <http://doi.org/10.4172/2157-7625.S5-01>.
- ONEI. *Anuario estadístico de Cuba 2017*. La Habana: Oficina Nacional de Estadística e Información. <http://www.onei.cu/aec2017/09%20Agricultura%20Ganaderia%20Silvicultura%20Pesca.pdf>, 2018.
- Ravera, Federica; Iniesta-Arandia, Irene; Martín-López, Berta; Pascual, U. & Bose, Purabi. Gender perspectives in resilience, vulnerability and adaptation to global environmental change. *Ambio*. 45 (supl. 3):235-247, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0842-1>.
- Vázquez, L. L. & Martínez, Hortensia. Propuesta metodológica para la evaluación del proceso de reconversión agroecológica. *Agroecología*. 10 (1):33-47, 2015.