

Evaluación de la resiliencia socioecológica en escenarios de agricultura familiar en cinco provincias de Cuba**Evaluation of the socioecological resilience in family agriculture scenarios in five Cuban provinces**

Leidy Casimiro-Rodríguez¹ <https://orcid.org/0000-0002-0530-3786>, José Antonio Casimiro-González² <https://orcid.org/0000-0001-6551-7949>, Jesús Suárez-Hernández³ <https://orcid.org/0000-0002-6232-1251>, Giraldo Jesús Martín-Martín³ <https://orcid.org/0000-0002-8823-1641>, Marlen Navarro-Boulanger³ <https://orcid.org/0000-0003-0351-5651> e Irán Rodríguez-Delgado⁴ <https://orcid.org/0000-0002-6453-2108>

¹Universidad de Sancti Spiritus, Avenida de los Mártires, Esquina Carretera Central, Sancti Spiritus, Cuba. ²Cooperativa de Créditos y Servicios Rolando Reina Ramos, Sancti Spiritus, Cuba. ³Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, Central Española Republicana CP 44280, Matanzas, Cuba. ⁴Universidad Técnica de Machala, Ecuador. Correo electrónico: leidy7580@gmail.com

Resumen

Objetivo: Evaluar la resiliencia socioecológica en 15 fincas familiares, ubicadas en cinco provincias de Cuba, y generar propuestas concretas para fomentar su transición agroecológica.

Materiales y Métodos: Se aplicó la metodología para la evaluación de la resiliencia socioecológica (MERS) propuesta por Casimiro-Rodríguez (2016). Se realizaron encuestas y recorridos de campo en varias fincas familiares que forman parte de los escenarios beneficiados por el proyecto BIOMAS-Cuba. Las fincas evaluadas se encuentran en las provincias Las Tunas (2), Holguín (1), Sancti Spiritus (4), Matanzas (8) y Mayabeque (1).

Resultados: Del análisis realizado en las 15 fincas para definir las componentes principales obtenidas de la correspondiente matriz de correlación, 85 % de la variabilidad total se explicó por las cuatro primeras componentes principales. En la componente principal 1 (CP1), se destacan los indicadores insumos externos usados en la producción, eficiencia energética, porcentaje de energía inyectada a la finca proveniente del exterior, porcentaje de energía aprovechada desde la finca, balance energético, costo energético de la producción de proteína e índice de dependencia de recursos externos. En la finca 13, los indicadores tridimensionales (tecnológicos-económicos-energéticos) fueron más eficientes en la estimación de la resiliencia y sobresalieron los que caracterizaron la CP1.

Conclusiones: Los resultados destacan una resiliencia media como promedio, pues a pesar de que las fincas se autoabastecen de alimento, en su mayoría con buena productividad por hectárea al año y alta capacidad de cambio tecnológico, aún presentan un índice de dependencia de insumos externos que influye en los resultados desfavorables que muestran varios indicadores de eficiencia.

Palabras clave: familias campesinas, soberanía, eficiencia, indicadores

Abstract

Objective: To evaluate the socioecological resilience in 15 family farms, located in five Cuban provinces, and to generate concrete proposals for promoting their agroecological transition.

Materials and Methods: The methodology for the evaluation of socioecological resilience (MESR) proposed by Casimiro-Rodríguez (2016), was applied. Surveys and field trips were carried out in several family farms that are part of the scenarios benefitted by the project BIOMAS-Cuba. The evaluated farms are located in the provinces Las Tunas (2), Holguín (1), Sancti Spiritus (4), Matanzas (8) and Mayabeque (1).

Results: From the analysis conducted in the 15 farms to define the principal components obtained from the corresponding correlation matrix, 85 % of the total variability was explained by the first four principal components. In the principal component 1 (PC1), the indicators external inputs used in production, energy efficiency, percentage of energy injected to the farm from outside, percentage of energy utilized from the farm, energy balance, energy cost of protein production and index of dependence on external inputs, stand out. In farm 13, the tridimensional indicators (technological-economic-energy) were more efficient in the estimation of resilience and those that characterized the PC1 stood out.

Conclusions: The results highlight a moderate resilience as average, because although the farms self-supply their food, mostly with good productivity per hectare per year and high technological change capacity, they still have an index of dependence on external inputs which influences the unfavorable results shown by several efficiency indicators.

Keywords: farmer families, sovereignty, efficiency, indicators

Recibido: 08 de abril de 2020

Aceptado: 18 de septiembre de 2020

Como citar este artículo: Casimiro-Rodríguez, Leidy; Casimiro-González, J. A.; Suárez-Hernández, J.; Martín-Martín, G. J.; Navarro-Boulanger, Marlen & Rodríguez-Delgado, I. Evaluación de la resiliencia socioecológica en escenarios de agricultura familiar en cinco provincias de Cuba. *Pastos y Forrajes*. 43 (4):304-314, 2020.

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.

Introducción

El proceso de modernización agrario desde la revolución verde hasta la actualidad se ha caracterizado por procesos que transforman las formas de producción, el productivismo basado en la intensificación, la concentración y especialización de las producciones, la industrialización con alta demanda de capital e insumos externos y la cientificación, que pone el conocimiento tradicional campesino subordinado a los dictados de la ciencia y la investigación científica.

Estos aspectos, entre otros, han contribuido a la insostenibilidad, al agotamiento de los recursos naturales y a las crisis ecosistémicas, lo que ha originado la disociación entre la agricultura y su contexto socioecológico, pues la agricultura industrial, ajena a los ciclos de reproducción de las sociedades campesinas y a su función de mantener y reproducir la agricultura familiar, ha generado desigualdades socioeconómicas, causa fundamental de los fuertes procesos migratorios rurales que tienen lugar en la actualidad (Ikerd, 2016; Nicholls *et al.*, 2017).

No obstante, a diferencia de la agricultura industrial, la agroecología, como proceso de innovación en conocimientos y tecnologías, construidos en constante reciprocidad con los movimientos sociales y procesos políticos (González-de-Molina y Caporal, 2013), aporta los fundamentos científico-prácticos para la transición de sistemas de producción agropecuaria a sistemas diversificados de producción. Dichos sistemas subsidian su propia fertilidad y productividad, con prácticas de conservación y mejora de los suelos, con la integración de la ganadería-agricultura y menor dependencia del petróleo y sus derivados, por lo que constituyen sistemas más resilientes, que desempeñan una función fundamental en la mitigación y adaptación al cambio climático (Fernández *et al.*, 2018).

Ante los desafíos del cambio climático, en la actualidad se aplica el enfoque de la resiliencia socioecológica (RSE) para determinar la sustentabilidad de los agroecosistemas, incorporando la idea de adaptación, aprendizaje, innovación, novedad y autoorganización ante situaciones de estrés o perturbación (Montalba *et al.*, 2013), de forma tal que los sistemas socioecológicos puedan preservar los atributos esenciales en un régimen socialmente deseable y ecológicamente posible, siendo así sostenible en el tiempo (Salas-Zapata *et al.*, 2011).

En este contexto, la relación e interconexión entre la familia campesina y los centros de investigación es de gran importancia, pues los procesos de innovación tecnológica deben considerar la interacción entre el

componente tecnológico y el sistema de relaciones sociales, culturales y productivas en el que se desarrollan los agricultores, para que sea realmente efectiva la transición agroecológica (TA).

La Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH) y varias instituciones cubanas mediante proyectos de colaboración internacional y a través de procesos de extensión e innovación agrícola contribuyen a la gestión del conocimiento. A partir de capacidades instaladas y contextualizadas en varias fincas familiares del país, trabajan para resolver problemas locales, apoyar la TA y fortalecer los sistemas socioecológicos, con el propósito de que se puedan enfrentar y mitigar los efectos del cambio climático, al mostrar niveles de resiliencia cada vez mayores.

El objetivo de este estudio fue evaluar la resiliencia socioecológica en 15 fincas familiares, ubicadas en cinco provincias de Cuba, y generar propuestas concretas para fomentar su transición agroecológica.

Materiales y Métodos

Se realizaron encuestas y recorridos de campo en varias fincas familiares que forman parte de los escenarios beneficiados por el proyecto BIOMAS-Cuba. Las fincas evaluadas se encuentran en las provincias de Las Tunas (2), Holguín (1), Sancti Spiritus (4), Matanzas (8) y Mayabeque (1).

Los criterios de selección de la muestra no probabilística (15 fincas) se basaron en la representatividad de varias provincias y municipios inmersos en el proceso de TA con el acompañamiento de instituciones cubanas y proyectos de colaboración internacional.

Como criterio de selección, la alta heterogeneidad entre las fincas está dada según los diferentes niveles de diversidad de especies de cultivos, animales y forestales. Cada finca representa un caso especial, que no es comparable con el resto por sus propósitos de producción, relaciones de mercado, características de manejo, tipos de suelo, propiedad y otros (tabla 1).

La tabla 1 muestra la caracterización de las fincas seleccionadas, en cuanto a área, objeto social y evolución de la transición agroecológica.

Las fincas se caracterizaron detalladamente para conocer su estructura y funcionamiento. Se describieron de forma detallada los límites y superficie (área) del sistema, los subsistemas, sus interacciones principales, así como las entradas y salidas para medir la resiliencia socioecológica mediante la aplicación de la metodología de evaluación de la resiliencia socioecológica (MERS) en una finca familiar (Casimiro-Rodríguez, 2016).

Tabla 1. Caracterización de las fincas familiares evaluadas.

Provincia	Municipio	Nombre de la finca	Área, ha	Objeto social	Evolución de la TA
Mayabeque	San José	El Mulato (1)	14,5	C. varios	3
	Jovellanos	La Coincidencia (2)	23	C. varios	3
	Perico	La Palma (3)	13,42	Vacuno	3
	Perico	Mercedita (4)	5,07	Frutales	3
Matanzas	Calimete	La Arboleda (5)	7	C. varios	3
	Calimete	Godínez (6)	3,49	Porcino	2
	Colón	Huerto Escolar (7)	13,42	Vacuno	2
	Colón	La Quinta (8)	33	Vacuno	3
	Colón	La Cantera (9)	3	C. varios	4
Sancti Spiritus (SS)	Cabaiguán	Flor del Cayo (10)	9,64	Tabaco	3
	Cabaiguán	Las Dos Rosas (11)	12,42	Tabaco	3
	SS	San José (12)	9,2	Tabaco	4
	Taguasco	Del Medio (16) ¹	10	Leche	5
Holguín	Gibara	Santa Ana (13)	5	C. varios	5
Las Tunas	Manatí	Los Pinos (14)	19,05	C. varios	3
	Las Tunas	Recompensa (15)	9	Porcino	2

TA: transición agroecológica, AT: 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: Predominio del diseño y manejo agroecológico, aunque utilizan algunos agroquímicos y concentrados externos y 5: Total manejo y diseño agroecológico

El análisis de los diferentes indicadores e índices de MERS se realizó con la información correspondiente al 2015 y abarcó solo el primer ciclo de la metodología (tabla 2).

Para el análisis integral de los resultados de las encuestas en las 15 fincas (indicadores relacionados con la estimación de la resiliencia) se utilizó el modelo estadístico propuesto por Torres *et al.* (2008), a partir del que se desarrolló el siguiente algoritmo:

- Con los datos obtenidos de los indicadores en las 15 fincas se construyó la matriz de datos a procesar
- Comprobación de las premisas de aplicación de los métodos multivariados mediante la matriz de correlación
- Identificación y selección del orden de importancia de las variables en la explicación de la variabilidad de la resiliencia socioecológica
- Clasificación de las fincas, según los indicadores relacionados con la resiliencia socioecológica y sobre la base de los criterios índice de eficiencia y formación de los grupos

Los resultados al desarrollar este algoritmo permitieron definir tres grupos de fincas, en función de la estimación de la resiliencia socioecológica (comportamiento bajo, medio y aceptable) y comparar estos comportamientos con respecto a los resultados de Casimiro-Rodríguez y Casimiro-González (2018) en un estudio desarrollado en la Finca del Medio.

El procesamiento estadístico de los datos se efectuó mediante el paquete estadístico SPSS® Versión 22 para Windows (IBM, 2015).

Resultados y Discusión

En el análisis realizado en las 15 fincas para definir las componentes principales obtenidas de la correspondiente matriz de correlación, 85 % de la variabilidad total se explicó por las cuatro primeras componentes principales (tabla 3). A partir de esto se infiere que se llevó a cabo una selección acertada de los indicadores que pudieran estar relacionados con la resiliencia socioecológica (RSE).

En la CPI se destacan de igual manera los indicadores: IE, EE, EFE, EF, BE, CEP e IDIE. En

¹La finca 16, al llevar un período de más de 15 años de TA y mostrar valores muy favorables en la mayoría de los indicadores, se usó como referencia para la comparación de los resultados con el resto de las fincas (Casimiro-Rodríguez y Casimiro-González, 2018).

Tabla 2. Descripción de los indicadores utilizados en MERS.

Índice	Indicador	Peso relativo	Descripción
Soberanía alimentaria (SA)	Pp	0,33	Cantidad de personas alimentadas por proteína de origen animal o vegetal/ha/año, y por ambas
	Pe	0,01	Cantidad de personas alimentadas por energía de origen animal o vegetal /ha/año, y por ambas
	Af	0,66	Porcentaje de alimentación de la familia que vive en la finca y se satisface por lo producido en la misma
Soberanía tecnológica (ST)	IUT	0,0054	Índice de utilización de la tierra
	IE	0,2013	Nivel de insumos no generados o aprovechados en la finca utilizados en el sistema productivo, %
	H	0,2814	Diversidad de la producción con la aplicación del índice de Shannon
	IAFRE	0,4011	Índice de aprovechamiento del potencial de fuentes renovables de energía, asociado a tecnologías apropiadas
	IIF	0,1108	Intensidad innovadora de la finca, %
Soberanía energética (SE)	EE	0,4024	Eficiencia energética
	EFE	0,1104	Porcentaje de energía inyectada a la finca proveniente del exterior
	EF	0,2824	Porcentaje de energía aprovechada desde la finca, %
	BE	0,2015	Balance energético
	CEP	0,0033	Costo energético de la producción de proteína
Eficiencia económica (EE)	CBR	0,1	Relación costo/beneficio
	IDIE	0,9	Índice de dependencia de recursos externos

dicha componente se entrelazan las dimensiones tecnológica, energética y económica, y se excluyen totalmente los indicadores asociados a la soberanía alimentaria.

En la CP2, los indicadores más importantes fueron AF, IUT, H e IIF. Excepto AF, el resto corresponde a la soberanía tecnológica. Mientras que en la CP3 sobresalieron Pp y Pe, asociados a la dimensión soberanía alimentaria. La CP4 se denominó IAFRE, por lo que podría tipificarse como potencial de aprovechamiento de las fuentes renovables de energía (FRE).

Debido a que los indicadores mencionados son los que más varían, en términos numéricos se puede afirmar que a través de su análisis se puede estimar la resiliencia.

Clasificación de las fincas. La tabla 4 muestra la eficiencia de cada uno de los indicadores para la estimación de la resiliencia, al realizar el mismo estudio en las 15 fincas. Navarro *et al.* (2012) plantearon que el índice de eficiencia depende de las variables de mayor preponderancia. Estos autores definieron que los valores positivos más altos indican las variables que tienen más influencia en cada caso.

Según los índices de eficiencia, en la finca 13 los indicadores tridimensionales (tecnológicos-económicos-energéticos) fueron más eficientes en la estimación de la resiliencia. Es decir, en esta finca es donde se expresaron más sobresalientemente los indicadores de la CP1.

Coincide este resultado con el hecho de que la finca 13 (Santa Ana) es la única que en la caracterización (relaciones de mercado, estructura y funcionamiento de subsistemas e interacciones principales) presenta un diseño y manejo totalmente agroecológico, con la mayor cantidad de familiares insertados en el sistema de producción de alimentos y alta capacidad de cambio tecnológico.

Del mismo modo, la alta eficiencia energética está dada porque, aproximadamente, 50 % de la energía usada para la producción agropecuaria y reproducción familiar se abastece a partir de los recursos endógenos de la finca, y solo 25 % de los insumos necesarios provienen del exterior. Como consecuencia, esta finca posee un bajo índice de dependencia de recursos externos.

Las fincas en que mejor se expresaron los indicadores asociados a la soberanía tecnológica (CP2) fueron la 1

Tabla 3. Matriz de factores de preponderancia entre las CP y los indicadores asociados a la resiliencia socioecológica.

Indicador	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4
Personas alimentadas/ha-año, aportes de proteína	-0,473	-0,032	0,811	0,297
Personas alimentadas/ha-año, aportes de energía	-0,477	0,077	0,804	0,290
Porcentaje de alimentos para la familia producidos en la finca	0,608	0,672	0,063	-0,309
Índice de utilización de la tierra	-0,021	0,829	-0,120	0,128
Porcentaje de insumos externos usados para la producción	-0,877	0,073	-0,136	-0,073
Diversidad de la producción mediante el índice de Shannon	0,598	0,736	-0,130	-0,094
Índice de aprovechamiento del potencial de fuentes renovables de energía, asociado a tecnologías apropiadas	0,295	-0,240	0,436	-0,695
Intensidad innovadora de la finca	0,390	0,699	0,241	0,290
Eficiencia energética	0,892	-0,176	0,201	0,242
Porcentaje de energía inyectada a la finca proveniente del exterior	-0,947	0,148	-0,174	0,051
Porcentaje de energía aprovechada desde la finca (humana, animal, FRE)	0,947	-0,148	0,174	-0,051
Balance energético de la producción	0,892	-0,179	0,172	0,268
Costo energético de la producción de proteína	-0,653	0,284	0,342	-0,013
Relación costo/beneficio	0,100	-0,179	-0,552	0,569
Índice de dependencia de recursos externos	-0,849	0,174	-0,093	-0,153
Valor propio	6,732	2,490	2,167	1,348
Varianza explicada, %	44,879	16,600	14,449	8,990
Varianza acumulada, %	44,879	61,480	75,929	84,919

Tabla 4. Eficiencia de los indicadores relacionados con la RSE.

Finca	Matriz de eficiencia			
	EfCP1	EfCP2	EfCP3	EfCP4
1	-0,98	1,06	-0,47	-1,07
2	-0,49	0,16	-0,94	-0,01
3	0,59	-1,42	0,01	-1,86
4	-0,36	-0,41	-0,56	-1,80
5	-0,85	0,93	0,54	-0,34
6	-0,45	-0,64	3,15	0,51
7	-0,71	0,12	-0,02	0,05
8	0,71	0,44	-0,80	0,55
9	0,18	1,20	0,72	-0,76
10	-0,59	0,24	-0,46	0,90
11	-0,54	0,14	-0,02	1,02
12	0,42	0,64	-0,22	1,11
13	3,05	0,31	0,34	-0,15
14	0,36	-0,08	-0,70	1,14
15	-0,34	-2,68	-0,57	0,70

y la 9. Se destacó esta última con el índice más alto. En la peor situación se encontraron la 3 y la 15, sin excluir la finca 6.

En estos resultados influyeron la diversidad de la producción y la asociación de cultivos. Las fincas El Mulato (1) y La Cantera (9) poseen alta eficiencia productiva, lo que se refleja en el aprovechamiento de los espacios y el correcto ensamblaje en el diseño de programas de rotación y asociación de cultivos con alta diversidad y con la integración ganadería-agricultura. No sucede así en La Palma (3) y La Recompensa (15), que mostraron escasa variedad de cultivos con relación al área de la finca y, además, bajo autoabastecimiento de alimentos para la familia; semejante situación mostró la finca Godínez (6).

Resulta interesante que precisamente en la finca 6 los indicadores que tipifican a la CP3 (soberanía alimentaria) mostraran el mayor efecto positivo. Es decir, a pesar de ser la finca con mayores índices de productividad por área, lo que es un componente importante para la obtención de ganancias económicas, este no se obtuvo sobre la base de la eficiencia energética, el manejo y el diseño agroecológico, pues fue esta finca la que mostró el mayor índice de dependencia de recursos externos, mayores costos energéticos para la producción y bajo nivel de resiliencia socioecológica.

Este resultado corrobora lo informado por Silva-Santamaría y Ramírez-Hernández (2017) y FAO (2018), quienes refuerzan la noción de que la eficiencia depende de la diversificación de los sistemas agropecuarios y del diseño de la biodiversidad funcional, en términos de la utilización de recursos (nutrientes, agua y energía), lo que no se traduce necesariamente en mayor productividad.

Los altos valores de los indicadores Pp y Pe en la finca 6 se explican porque su producción se centra fundamentalmente en la cría porcina, que tiene alto potencial calórico y proteico, y no en la diversidad de la producción, donde esta finca mostró los niveles más bajos.

Las fincas, cuyo objeto social es la producción porcina, mostraron alta productividad con respecto al área, pero presentaron los niveles más bajos de eficiencia energética y los mayores índices de dependencia de recursos externos, puesto que basan su modelo productivo en una constante importación de concentrados y medicamentos. No obstante, parte de la producción de cultivos (*Manihot esculenta* L., *Zea mays* L., *Ipomoea batatas* L., entre otros) se usa también para la alimentación animal, y no

para la oferta a la población. Esto influye en que los mercados locales no presenten disponibilidad de alimentos que, como la yuca, han formado parte tradicionalmente de la comida típica de los cubanos. Estas fincas perciben la mayoría de sus ingresos por la venta de la producción porcina. Al tener una economía que no se sustenta con variedad de opciones, pueden ser más vulnerables a los embates de cualquier choque externo, sea climatológico o de mercado.

Precisamente, en las fincas con mayor diversificación y mejor estrategia en el diseño y manejo agroecológico (fincas 1, 5, 9, 12 y 13), los aportes energéticos y proteicos no fueron los más destacados. A esto contribuyó, por ejemplo, el caso de los frutales como parte de la producción, que son bajos en aportes de energía y proteína, y afectan además el balance energético. No obstante, el autoabastecimiento familiar obtuvo porcentajes muy favorables y la interrelación con el mercado local de alimentos se caracteriza por su variedad, dinámica y flujo constante.

En estas fincas, el uso de insumos químicos para la producción fue menor que en el resto de las fincas, debido a la menor incidencia de plagas o enfermedades, y de ambas, y a la mejor conservación de los suelos. De acuerdo con Vázquez (2015) y Fernández *et al.* (2018), la importancia de la biodiversidad para los sistemas agrícolas radica en la disminución de la homogeneización y simplificación de los agroecosistemas, lo que aporta mayor resistencia a las perturbaciones, menor vulnerabilidad a enfermedades y plagas, y beneficios en la prevención de la erosión del suelo.

Según el índice de eficiencia de la CP3, la finca 2 mostró el valor más negativo, sin menospreciar un comportamiento similar en las fincas 8 y 14. Estas fincas son las de mayor tamaño en la muestra seleccionada y las que obtuvieron menor rendimiento por ha/año, fundamentalmente debido al poco aprovechamiento de los espacios, áreas improductivas y baja intensidad de la producción. Estos resultados coinciden con los estudios de Contreras-León y Rodríguez-Lozano (2017), quienes aseguran que las fincas de menor tamaño son las que presentan mejores índices de diversidad, productividad y eficiencia.

El aprovechamiento de las FRE resultó más eficiente en las fincas 11, 12 y 14, con el valor más alto positivo para la 14. El peor comportamiento se registró en las fincas 3 y 4.

El comportamiento favorable de este indicador se debe al aprovechamiento de las FRE con tecnologías

apropiadas. Las fincas que mejores resultados obtuvieron cuentan con biodigestor y molino de viento, lo que permite hacer uso del biogás para la cocción y la refrigeración de los alimentos y el aprovechamiento de la energía eólica para abastecer de agua a la familia y los animales.

No obstante a lo anterior, el potencial para el aprovechamiento de las disímiles FRE no se encuentra en su máxima capacidad, debido a la inexistencia en el mercado nacional de tecnologías apropiadas y de recursos para su instalación, puesta en marcha y mantenimiento de este tipo de fuentes de energías. A ello se adicionan los altos costos de adquisición de las tecnologías que se comercializan en Cuba, lo que imposibilita el acceso a ellas por parte de las familias campesinas.

En este sentido, las fincas que poseen biodigestor y molino de viento han adquirido estas tecnologías a través de la vinculación con el proyecto BIOMAS-Cuba.

Después de identificar aquella o aquellas fincas en las que más eficientemente se expresan los indicadores asociados a la resiliencia o en las que peor se manifiestan, es importante destacar que en torno al valor del índice de eficiencia (Ef) positivo más alto, que se corresponde con una finca determinada, deben estar las otras, que pueden presentar un comportamiento de la resiliencia similar y aceptable. Para verificar esta consideración se realizó el análisis de conglomerados.

A partir de los índices de eficiencia se procedió a analizar la existencia de fincas con comportamientos similares, con el propósito de que las respuestas fueran lo más eficaz y eficientemente posibles en la estimación de la resiliencia. En el proceso de aglomeración se decidió realizar el corte para un valor determinado del coeficiente de disimilitud (tabla 5), lo que dio lugar a la clasificación de las fincas y la formación de tres grupos.

Para la elección de los grupos donde se expresó más eficientemente la resiliencia, se seleccionó aquel o aquellos en los que hubo mejor comportamiento global en las variables con mayor preponderancia en

la CPI. La figura 1 muestra los valores promedio de cada variable para cada grupo.

En la finca 13 (grupo III) se registraron los promedios más altos para los indicadores: EE, EF y BE. Al mismo tiempo, se encontraron en este grupo los promedios más bajos para IE, EFE, CEP e IDIE (figura 1). Estos resultados son provechosos, ya que en el contexto de la resiliencia socioecológica a menores costos energéticos para la producción agropecuaria y mejor aprovechamiento de los recursos internos (mano de obra familiar y animal, FRE, producción de abonos orgánicos, aprovechamiento de residuales, alta biodiversidad en tiempo y espacio), la finca que obtiene los índices más altos (en este caso la 13) será menos dependiente y mostrará los mejores índices de resiliencia. Y esto es posible porque puede responder con mayor capacidad a los disturbios climáticos, debido a la alta eficiencia y a la diversidad de opciones productivas, y al depender de recursos que tiene a su disposición continuamente.

Las interacciones socioecológicas generan reajustes y cambios constantes en las dinámicas y estructuras de las fincas. A su vez, estas interacciones favorecen que las fincas con mejores resultados se logran adaptar por su capacidad de aprendizaje, innovación, novedad y autoorganización (Salas-Zapata *et al.*, 2011; Montalba *et al.*, 2013).

Además, de acuerdo con los resultados que muestra la tabla 3, el valor positivo más alto del índice de eficiencia se registró justamente en la finca 13. Un comportamiento totalmente contrario se obtuvo en la finca 6 (grupo II), lo que permite identificarla como la de peor expresión de la resiliencia.

En el grupo I se encontraron valores intermedios para los indicadores de mayor preponderancia en la CPI. En todos los casos, dichos valores se acercaron más al grupo II que al III. No obstante, el valor promedio del IUT fue mayor para las fincas del grupo I, y los indicadores Pp, Pe, AF y H (relacionados con CP2 y CP3) fueron más cercanos a la finca 13 que a la finca 6 (figura 2), sin dejar de mencionar que el valor de IAFRE (CP4) fue semejante al registrado por la finca 13.

Tabla 5. Grupos formados por el análisis de conglomerados.

Grupos formados	Coficiente de disimilitud	Fincas
I		1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14 y 15
II	1,35	6
III		13

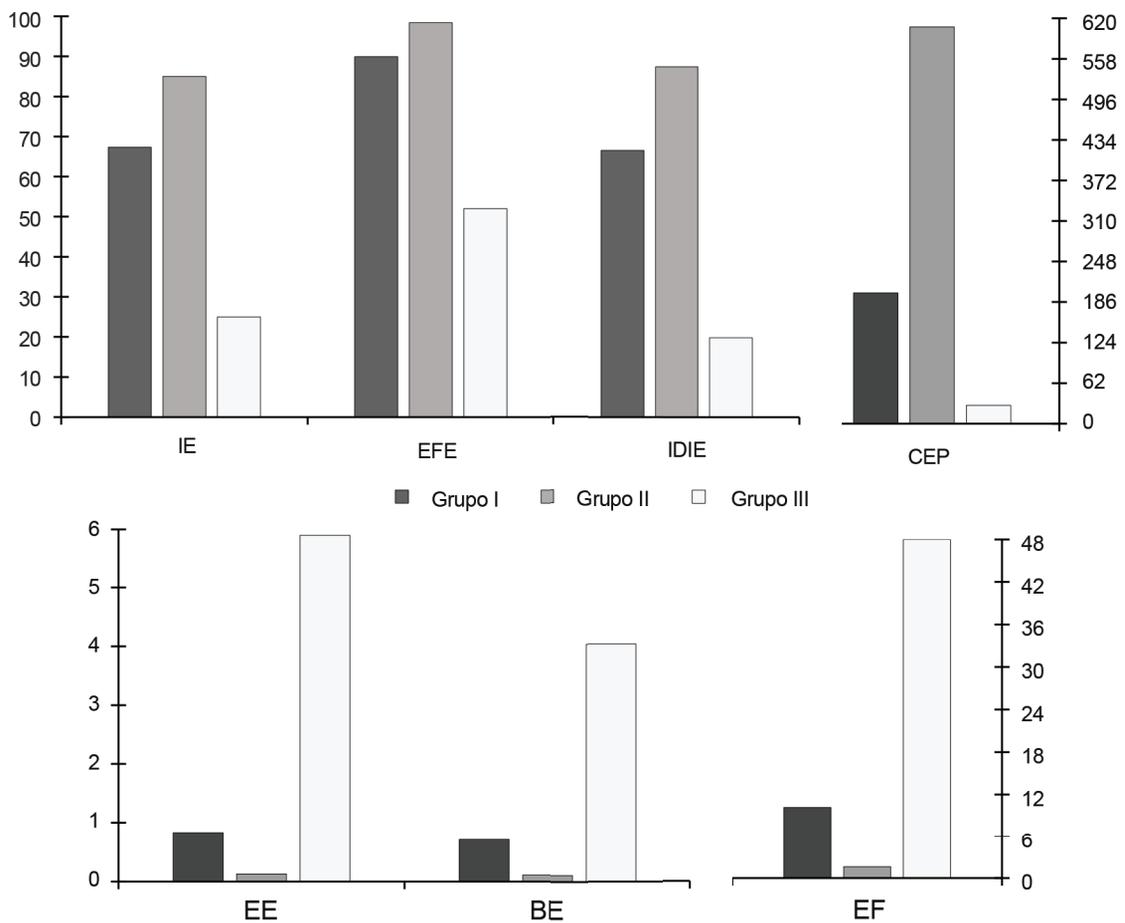


Figura 1. Promedio de las variables con mayor preponderancia en la CPI para cada uno de los grupos formados para la resiliencia socioecológica.

IE: insumos externos usados en la producción, EFE: porcentaje de energía inyectada a la finca proveniente del exterior, IDIE: índice de dependencia de recursos externos, CEP: costo energético de la producción de proteína, EE: eficiencia energética, BE: balance energético y EF: Porcentaje de energía aprovechada desde la finca.

Este análisis permite agrupar en el grupo I aquellas fincas que alcanzan una resiliencia intermedia. Entre las 15 fincas en estudio, la resiliencia se expresa en mejores condiciones en la 13, más baja en la 6 e intermedia en aquellas fincas del grupo I. Esta interpretación se apoya en el análisis de las fincas incluidas en los tres grupos y en el índice de eficiencia.

A partir de la aplicación de la MERS, la finca 13 forma parte de la escala que comprende a las fincas con alta resiliencia socioecológica. Sin embargo, la ganancia económica y los medios de vida no son favorables para la continuidad de estos resultados; algo similar sucedió en varias de las fincas estudiadas. Se considera que en este aspecto deben

influir nuevas políticas públicas y actividades de fomento para incentivar la permanencia de familias campesinas y la producción sostenida de alimentos sobre bases agroecológicas, de modo que eleven sus índices de eficiencia, productividad y resiliencia.

Para que el resto de las fincas logre aumentar sus índices de resiliencia socioecológica (RSE), se deben aprovechar con mayor eficiencia los recursos endógenos y rediseñar sus sistemas a partir de los principios de la agroecología, así como disminuir considerablemente la entrada de recursos externos (concentrados, combustibles y productos químicos). Además, se deben contextualizar diferentes tecnologías apropiadas para el máximo aprovechamiento de las FRE.

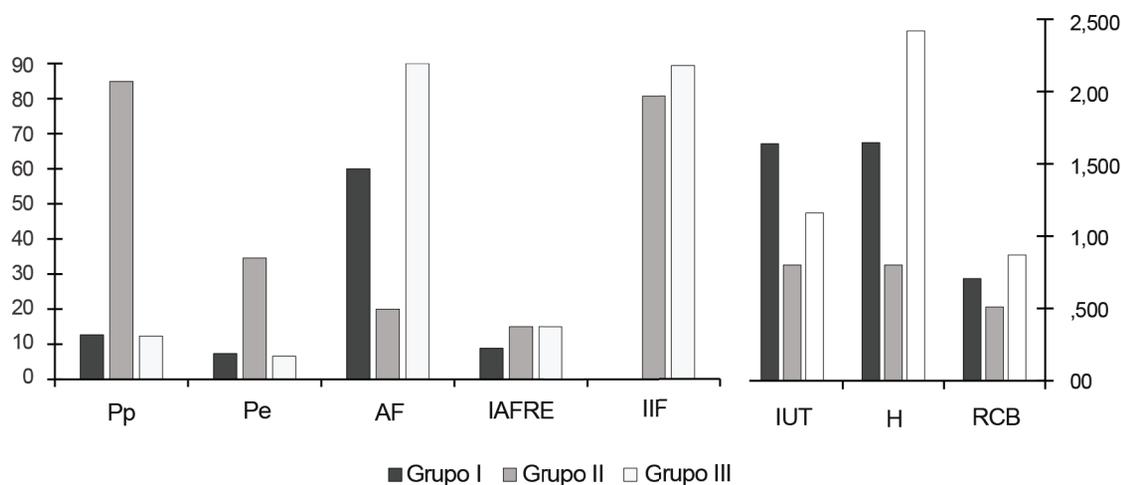


Figura 2. Promedio de las variables asociadas a la soberanía tecnológica (CP2), alimentaria (CP3) y aprovechamiento de las FRE (CP4) para cada uno de los grupos formados para la resiliencia socioecológica.

Pp: producción por hectárea al año en proteína, Pe: producción por hectárea al año en energía, AF: autoabastecimiento familiar, Índice de IAFRE: aprovechamiento de fuentes renovables de energía, IIF: índice de intensidad innovadora de la finca, IUT: índice de utilización de la tierra, H: índice de Shannon y RCB: relación costo beneficio.

A pesar de los resultados en la estimación de la RSE de la finca 13 no es posible su categorización como finca de comportamiento alto, debido a las diferencias entre esta finca y la Finca del Medio para los mismos indicadores identificados en la CPI como los de mayor preponderancia (tridimensionales). En la tabla 7 se expresan las magnitudes en que las fincas de los tres grupos necesitan mejorar indicadores clave para elevar el IRS.

Los indicadores IE, EFE, EF y IDIE se expresan en porcentaje, por lo que el análisis se basa directamente en las diferencias entre las magnitudes matemáticas. Es así que la finca 13 (grupo III) debe disminuir 15,0, 36,9 y 18,00 % para IE, EFE e IDIE, respectivamente. Al mismo tiempo, debe aumentar 36,85 % para igualar el comportamiento de EF en la Finca del Medio (Casimiro-Rodríguez y Casimiro-González, 2018).

El resto de los indicadores tiene niveles de apreciación diferentes. Es así que los menores valores de CEP son los deseados, tal como se discutió anteriormente. Para estos indicadores, la finca 13 debe disminuir 27,5 unidades. Mientras, los aumentos están relacionados con EE (11,4) y BE (6,9).

La interpretación de la tabla 7 permite hacer recomendaciones concretas a la finca 6 (grupo II) para que inicie un proceso de transición orientado a la RSE, así como a aquellas fincas del grupo I

para que la mejora de sus procesos tecnológicos, productivos, energéticos y económicos propicie avanzar hacia un comportamiento similar al de la finca 13. La mejora de los indicadores de la tabla 6 permitirá trazar estrategias certeras en las 15 fincas en estudio, en función del desempeño de la RSE en la Finca del Medio.

Como la TA y el logro de sistemas socioecológicos resilientes depende de un proceso continuo de cambio y adaptación, para transitar a estadios superiores cada grupo debe concretar acciones y diseños que mejoren paulatinamente los resultados.

El grupo III (finca 13) debe incrementar el aprovechamiento de las FRE para disminuir la entrada de insumos externos, que radica fundamentalmente en energía convencional para el riego a los cultivos. Además, debe usar tecnologías apropiadas para elevar la eficiencia del trabajo familiar; agregar valor a sus producciones para incrementar su portafolio de productos, ampliar los procesos de producción en la finca y por tanto, obtener mayores ganancias económicas.

Las fincas pertenecientes a los grupos I y II deben establecer una estrategia de rediseño sobre bases agroecológicas para elevar la eficiencia económica, productiva y energética en la producción de alimentos, al constituir cierres de ciclos e interrelaciones

Tabla 6. Comportamiento de los indicadores tridimensionales en la Finca del Medio y su relación con los grupos conformados para la estimación de la RSE.

Finca del Medio	Categoría	IE	EE	EFE	EF	BE	CEP	IDIE
	Referencia	10,00	17,30	15,10	84,85	10,90	0,60	1,80
Grupo III	Aceptable	25,00	5,90	52,00	48,00	4,04	28,10	19,80
Grupo I	Intermedia	67,31	0,83	89,81	10,19	0,72	199,98	66,52
Grupo II	Baja	85,00	0,13	98,40	1,60	0,11	606,90	87,40

IE: insumos externos usados en la producción, EFE: porcentaje de energía inyectada a la finca proveniente del exterior, IDIE: índice de dependencia de recursos externos, CEP: costo energético de la producción de proteína, EE: eficiencia energética, BE: balance energético y EF: porcentaje de energía aprovechada desde la finca.

funcionales de cada componente y aprovechar los residuales para la fabricación de abonos orgánicos y la sustitución de fertilizantes químicos. Se deben centrar en el uso máximo posible de las FRE con tecnologías apropiadas para disminuir la necesidad de combustibles fósiles y elevar la productividad de la fuerza de trabajo.

Las fincas que tienen biodigestor deben hacer un uso más eficiente del biogás como energía y de los efluentes líquidos y sólidos para la fertilización de los diferentes cultivos, que en muchos casos se desperdician.

Por lo general, las familias campesinas estudiadas tienen alta capacidad de cambio tecnológico, y esas capacidades para innovar, experimentar y explorar pueden constituir un facilitador para trabajar conjuntamente en nuevas estrategias de diseño y manejo del agroecosistema y potenciar el proceso de transición (Ortega, 2018).

Mediante los procesos facilitados por los integrantes del proyecto BIOMAS-Cuba, las fincas muestreadas están articuladas localmente en varios procesos de producción y servicios agropecuarios. Lideran procesos comunitarios en un sistema de innovación con acceso permanente al conocimiento, que permite su adopción y generalización como parte importante del diseño y manejo agroecológico para la producción integrada de alimentos y energía con enfoque de género.

A todo lo anterior BIOMAS-Cuba ha contribuido favorablemente, reforzando la vinculación efectiva con centros de investigaciones, universidades y espacios de concertación a través de las plataformas municipales. Al respecto, Vázquez *et al.* (2015) consideran que esta vinculación favorece la creación de capacidades, la adopción de nuevas tecnologías, entre otros procesos que, a su vez, posibilitan la reconversión agroecológica. Y esto es porque se tiene en cuenta que la resiliencia socioecológica de fincas familiares tiene límites asociados con factores sociales e implica ajustes

ecológicos, sociales y económicos por parte de las familias campesinas y las instituciones; además de un diálogo entre el conocimiento campesino y el científico (Casimiro-Rodríguez y Casimiro-González, 2018).

Se considera que para la resiliencia de fincas familiares es importante la vinculación de la familia al sistema socioecológico. Por tanto, es fundamental su permanencia en dicho entorno, la construcción conjunta del conocimiento de cada espacio y el fortalecimiento de la cultura campesina, los procesos de experimentación e innovación y el diálogo de saberes, que favorece la transición sobre bases agroecológicas a partir del conocimiento tradicional que aportan los campesinos en combinación con los elementos de la ciencia agrícola moderna.

Conclusiones

Los resultados mostraron, como promedio, una resiliencia media, pues a pesar de que las fincas se autoabastecen de alimentos, en su mayoría con buena productividad por hectárea al año y alta capacidad de cambio tecnológico, aún presentan un índice de dependencia de insumos externos que influye en los resultados desfavorables que muestran varios indicadores de eficiencia.

Las familias campesinas estudiadas tienen alta capacidad de cambio tecnológico. Y esas capacidades para innovar, experimentar y explorar pueden constituir un facilitador para trabajar conjuntamente en nuevas estrategias de diseño y manejo del agroecosistema y potenciar el proceso de transición.

Con esta investigación se ofrece una evaluación de criterios tecnológicos y de eficiencia, por lo que las fincas disponen de un análisis contextualizado que favorece la toma de decisiones familiares que conlleven a elevar la resiliencia. Esta evaluación sirve, además, a los decisores locales en la elaboración de políticas agrarias que corrijan los puntos críticos que ponen en riesgo la resiliencia socioecológica de las fincas en escenarios de agricultura familiar.

Agradecimientos

Se agradece al proyecto BIOMAS-Cuba, financiado por Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), que aportó el presupuesto para la realización de las investigaciones.

Contribución de los autores

- Leidy Casimiro-Rodríguez. Conceptualizó de la idea de la investigación y realizó los análisis estadísticos. Además, adecuó el manuscrito de acuerdo con las sugerencias de los revisores.
- José Antonio Casimiro-González. Contribuyó al análisis e interpretación de los datos, así como a la redacción y revisión del manuscrito.
- Jesús Suárez-Hernández. Contribuyó al análisis e interpretación de los datos, así como a la redacción y revisión del manuscrito.
- Giraldo Jesús Martín-Martín. Contribuyó al análisis e interpretación de los datos, así como a la redacción y revisión del manuscrito.
- Marlen Navarro-Boulardier. Contribuyó al análisis e interpretación de los datos, así como a la redacción y revisión del manuscrito.
- Irán Rodríguez-Delgado. Contribuyó al análisis e interpretación de los datos, así como a la redacción y revisión del manuscrito.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses entre ellos.

Referencias bibliográficas

Casimiro-Rodríguez, Leidy. *Bases metodológicas para la resiliencia socioecológica de fincas familiares en Cuba*. Tesis presentada como requisito para optar al título de Doctora en Agroecología. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia, 2016.

Casimiro-Rodríguez, Leidy & Casimiro-González, J. A. How to make prosperous and sustainable family farming in Cuba a reality. *Elem. Sci. Anth.* 6:77, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1525/elementa.324>.

Contreras-León, Adriana L. & Rodríguez-Lozano, Gloria I. Medición de la eficiencia relativa de fincas ganaderas con servicio de asistencia técnica. *Rev. Fac. Cienc. Econ.* 25 (1):117-128, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.18359/rfce.1776>.

FAO. *Agricultura sostenible y biodiversidad: un vínculo indisociable*. Roma: FAO, 2018.

Fernández, Margarita; Williams, Justine; Figueroa, Galia; Graddy-Lovelace, G.; Machado, M.; Vázquez, L. *et al.* New opportunities, new challenges: Harnessing Cuba's advances in agroecology and sustainable agriculture in the context of changing relations with the United States. *Elem. Sci. Anth.* 6:76, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1525/elementa.337>.

González-de-Molina, M. & Caporal, F. R. Agroecología y política. ¿Cómo conseguir la sustentabilidad? Sobre la necesidad de una agroecología política. *Agroecología.* 8 (2):35-43. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/212171>, 2013.

IBM. *SPSS Statistics. Versión 22 para Windows*. Valencia, España: Business Machines Corp, 2015.

Ikerd, J. Multifunctional small farms: essential for agricultural sustainability and global food sovereignty. *LRRD.* 28 (11). <http://www.lrrd.org/lrrd28/11/iker28192.html>, 2016.

Montalba, R.; García, M.; Altieri, M. A.; Fonseca, F. & VIELI, L. Utilización del Índice Holístico de Riesgo (IHR) como medida de resiliencia socioecológica a condiciones de escasez de recursos hídricos. Aplicación en comunidades campesinas e indígenas de la Araucanía, Chile. *Agroecología.* 8 (1):63-70. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/182991>, 2013.

Navarro, Marlen; Febles, G. & Torres, Verena. Bases conceptuales para la estimación del vigor de las semillas a través de indicadores del crecimiento y el desarrollo inicial. *Pastos y Forrajes.* 35 (3):233-246. <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v35n3/pyf01312.pdf>, 2012.

Nicholls, Clara I.; Altieri, M. A. & Vázquez, L. L. Agroecología. Principios para la conversión y el rediseño de sistemas agrícolas. *Agroecología.* 10 (1):61-72. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/300741>, 2017.

Ortega, Delphine. *Agroecología: innovaciones para sistemas agrícolas y alimentarios sustentables*. Ámsterdam, Países Bajos: Amigos de la Tierra. <http://www.biodiversidadla.org/Recomendamos/Agroecologia-innovaciones-para-sistemas-agricolas-y-alimentarios-sustentables>, 2018.

Salas-Zapata, W. A.; Ríos-Osorio, L. A. & Álvarez-Del Castillo, J. Bases conceptuales para una clasificación de los sistemas socioecológicos de la investigación en sostenibilidad. *Rev. Lasallista de Investig.* 8 (2):136-142. <https://www.redalyc.org/pdf/695/69522607015.pdf>, 2011.

Silva-Santamaría, Liliana & Ramírez-Hernández, O. Evaluación de agroecosistemas mediante indicadores de sostenibilidad en San José de Las Lajas, provincia de Mayabeque, Cuba. *Luna Azul.* 44:120-152, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.17151/luaz.2017.44.8>.

Torres, Verena; Ramos, N.; Lizazo, D.; Monteagudo, F. & Noda, Aida. Modelo estadístico para la medición del impacto de la innovación o transferencia tecnológica en la rama agropecuaria. *Rev. cubana Cienc. agríc.* 42 (2):133-139. <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=193015494003>, 2008.

Vázquez, L. L. Diseño y manejo agroecológico de sistemas de producción agropecuaria. En: F. Funes-Aguilar, ed. *Sembrando en Tierra Viva. Manual de Agroecología*. La Habana: Unión Europea, Agencia Española de Cooperación al Desarrollo. p. 133-160, 2015.