



UTILIZACIÓN DE NUEVOS ÍNDICES PARA EVALUAR LA SOSTENIBILIDAD DE UN AGROECOSISTEMA EN LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

Use of new indices for evaluating the sustainability of agroecosystems in the Bolivarian Republic of Venezuela

Bruno A. Gravina Hernández[✉] y Ángel Leyva Galán

ABSTRACT. During 2009 and first half of 2010, an investigation was conducted in the San Geronimo Production Cooperative RL municipality of Montalban, Carabobo state, which aimed to assess the sustainability of agroecosystems, using as tools the General Sustainability Index (GSI) and simultaneously evaluated a new Agrobiodiversity Index (ADI) as an indicator supreme agricultural sustainability. Diagnosis was made a General Comprehensive and Participatory, to identify problems that limit the sustainability of agro and agro-ecological alternatives were proposed possible to achieve a medium-term Sustainability Index (GSI) and Agrobiodiversity Index (ADI) above 0,7 since the establishment of a methodological guide supported by previous work, but adapted to the growing conditions in this locality. With the application of the tools mentioned above, it was determined that the ISM indices and IDA, reached values of 0.52 and 0.37 respectively. Application of Matrix Vester, showed that the main problems identified (critical) was the poor training of these actors and poor diversity. It produced a guide for action based on agroecological principles that begins with on-site training of actors, based on the implementation of a programme for the sustainable development of small Venezuela agroecosystems, with the vision of becoming closer to food security.

Key words: sustainability, agrobiodiversity, agroecology, agroecosystems, food sovereignty

RESUMEN. Durante el año 2009 y primer semestre del año 2010, fue conducida una investigación en la Cooperativa de Producción San Gerónimo R. L. del municipio de Montalbán del estado Carabobo, que tuvo como objetivo evaluar la sostenibilidad de un agroecosistema, utilizando como herramientas el Índice General de Sostenibilidad (IGS) y de forma simultánea se evaluó un nuevo Índice de Agrobiodiversidad (IDA) como indicador supremo de la sostenibilidad agraria. Se realizó un diagnóstico general integral y participativo, para detectar los problemas que limitaban la sostenibilidad del agroecosistema y se propusieron las alternativas agroecológicas posibles para alcanzar a mediano plazo un Índice General de Sostenibilidad (IGS) y un Índice de Agrobiodiversidad (IDA) superior a 0,7 a partir del establecimiento de una guía metodológica sustentada en trabajos precedentes, pero adaptada a las condiciones agroclimáticas de esta localidad. Con la aplicación de las herramientas antes señaladas, se pudo determinar que los índices IGS e IDA, alcanzaron valores de 0.52 y 0.37 respectivamente. La aplicación de la Matriz de Vester, mostró que de los problemas detectados los principales (críticos) fueron la escasa capacitación de estos actores y la baja diversidad. Se elaboró una guía de acción basada en principios agroecológicos que se inicia con la capacitación *in situ* de los actores, teniendo como base la aplicación de un programa para el desarrollo sostenible de los agroecosistemas pequeños de Venezuela, con la visión de tener un mayor acercamiento a la seguridad alimentaria.

Palabras clave: sostenibilidad, agrobiodiversidad, agroecología, agroecosistemas, soberanía alimentaria

INTRODUCCIÓN

La llamada agricultura industrial o moderna, ha provocado a escala mundial afectaciones de tal magnitud, que muchos las consideran irreparables (1); en Venezuela,

Bruno A. Gravina Hernández, estudiante de la Universidad Nacional Experimental «Simón Rodríguez», Barquisimeto, Venezuela y Dr.C. Ángel Leyva Galán, Investigador Titular del departamento de Fitotecnia, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), gaveta postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP 32 700.

✉ gravineitor@hotmail.com; aleyva@inca.edu.cu

su utilización por más de 30 años ha causado efectos adversos ostensibles, puestos de manifiesto en la productividad de los agroecosistemas. Para frenar la acción adversa de esta forma productiva, se ha acudido a la agricultura ecológica, cuya mayor limitante radica en la imposibilidad de evaluar de forma cuantitativa su eficiencia, debido a la multidimensionalidad del principio y el carácter cualitativo de muchas de sus variables, dentro de las tres dimensiones principales de la sostenibilidad (económica, ecológica y sociocultural).

Varias metodologías exitosas han sido propuestas dirigidas a restaurar agroecosistemas dañados, las que se mueven desde los análisis a escala territorial¹ (2, 3) hasta la determinación de un índice general de sostenibilidad a escala de agroecosistemas² (4).

Se ha propuesto un nuevo índice (5) valorado como indicador de la sostenibilidad de los agroecosistema, basado en la composición, calidad, diversidad y cuantía, de la agrobiodiversidad de los escenarios productivos, que ha sido utilizado con éxito en Cuba.

Con el objetivo de conocer la funcionalidad de los nuevos índices como herramienta de evaluación de la sostenibilidad agraria de los agroecosistemas ubicados en otras condiciones socio-productivas, se utilizó el índice general de sostenibilidad (IGS) y de forma simultánea se utilizó el nuevo índice de agrobiodiversidad (IDA) en la cooperativa San Gerónimo R. L., Aguirre, Montalbán, Carabobo, República Bolivariana de Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

La cooperativa fue creada en octubre de 2006 y está ubicada entre las coordenadas 68° 15' 44" de longitud oeste y 10° 14' 14" de latitud norte a 1700 msnm perteneciente al municipio Montalbán. La encuesta constituyó el elemento base, de la cual se obtuvo la información sobre la infraestructura de la cooperativa y permitió seleccionar los principales indicadores económicos, socioculturales y medioambientales existentes, basados en los principios de la investigación-acción-participativa (6). Se definieron los problemas principales y el problema crítico; se seleccionaron los indicadores determinantes y sus variables correspondientes; así como se pudo conocer la diversidad de especies existentes en la cooperativa (agrobiodiversidad y diversidad asociada)

Para la aplicación de la metodología del diagnóstico rural participativo (DRP), se tuvo en cuenta un cuestionario preelaborado³, donde se combinan diferentes herramientas como las entrevistas formales e informales (7) con observaciones y mediciones de cada sistema de producción y ciclos productivos del agroecosistema (8) y para la elección de los indicadores de sostenibilidad, se utilizó la metodología propuesta por algunos autores (9) y teniendo en cuenta las principales características y particularidades de la zona (10).

El diagnóstico se realizó entre los años 2008 y 2010, por el método de las entrevistas y el desarrollo de talleres participativos con la presencia de 14 actores, cuatro

decisores y seis facilitadores locales, que permitió visualizar los problemas que limitan el desarrollo, jerarquizándolos en críticos, activos, pasivos e indiferentes, a través de una matriz (11), con un formato de doble entrada, donde se ubicaron los problemas importantes tanto en filas como en columnas, en el sistema de producción analizado y se introdujeron los valores de causalidad (directa o indirecta) de cada problema sobre cada uno de los demás, según escala establecida (0-3), valores asignados a partir de un taller realizado para esos objetivos. Una vez jerarquizados los problemas, se procedió al establecimiento de los niveles de prioridad, teniendo en cuenta la ubicación en la matriz, el porcentaje de representatividad, el criterio y expectativas de facilitadores y actores.

Para la caracterización química del suelo de la cooperativa se tomaron las muestras a una profundidad de 20 cm, siguiendo las normas establecidas por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (12), a razón de cinco muestras por subsistema para conformar una muestra única. De las 243 ha un total de seis muestras fueron tomadas para su caracterización. A cada muestra de suelo se le determinó, el pH, porcentaje de materia orgánica (MO) y los contenidos de los macro elementos (N₂, P₂O₅ y K₂) además de Ca y Mg, para lo cual se siguieron las normas metodológicas establecidas (12). Los resultados de los análisis se exponen en la Tabla I (promedio de las seis muestras)

Tabla I. Características químicas del suelo de la cooperativa

P ₂ O ₅ (ppm)	K ₂ O (mg.kg ⁻¹)	Ca (mg.kg ⁻¹)	Mg (mg.kg ⁻¹)	MO (%)	pH (1:2.5)	CE (ds.m ⁻¹)
19.50	91.50	1433.00	438.00	3.06	6.10	0.10
Alto	Medio	Alto	Alto	Medio	-	Bajo

Las precipitaciones promedio registradas durante el período experimental, entre otras variables climáticas (temperatura, mínimas, máximas y medias) se tomaron de la Estación Meteorológica de «Montalbán» ubicada a 2 km de la cooperativa.

Para evaluar la sostenibilidad del agroecosistema se eligieron 10 indicadores por su facilidad de descripción y manejo (13) los que fueron relacionados con los problemas detectados en el diagnóstico y validados con sus atributos básicos.

Se determinó el índice general de sostenibilidad (IGS) a partir de la selección participativa de los indicadores y sus 16 variables relevantes; mediante la fórmula:

$$IGS = \sum Vi/VMI * N \quad (\text{Tabla II})$$

Se aplicó la nueva propuesta de índice de agrobiodiversidad (IDA), basado en el principio de la agrobiodiversidad que debe existir en el agroecosistema, atendiendo a sus valores utilitarios, donde la alimentación es la utilidad suprema para los humanos, los animales y el recurso natural suelo; incluyendo los valores utilitarios generales para la garantía del equilibrio ecológico.

¹Socorro, A. R. Indicadores de la sostenibilidad de la gestión agraria en el territorio de la provincia Cienfuegos. [Tesis de doctorado] INCA. 2003. 106 p.

²Toledo, E. La cosecha de caña de azúcar en verde. Influencia en la sostenibilidad del agroecosistema de Huixtla, Soconusco, México. [Tesis de doctorado]. INCA. 2003. 100 p.

³Leyva, A.; Alonso, A. y Vegas, J. La Investigación participativa para el rescate, perfeccionamiento y aplicación de tecnologías apropiadas en la agricultura cubana. Informe Final de Proyecto; Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. 1999. 221 p.

Tabla II. Descripción del índice general de sostenibilidad (IGS), valor del indicador (V_i) y valor de las variables (V_v)

Valor de variables (V_v)	Valor del indicador (V_i)	Índice general de sostenibilidad (IGS)
Escala estandarizada $V_v = V_j / (I-10)$ V_j = valor de Juicio (VJ) mínimo (1) máximo (10)	$V_i = VV / S$ VV= Valor de la variable seleccionada S= Número de variables	$IGS = \sum(V_i) / VM_i * n$ V_i = Valor indicador seleccionado VM_i = Valor máximo del indicador n = Numero de indicadores

Se contaron todas las especies que contribuyen a generar producción (autosostenimiento o mercado) se aplicó el concepto de preferencias por el productor y su importancia se ligó a la contribución total de cada especie al agroecosistema. Comestibles o no, las especies fueron clasificadas según los valores utilitarios (14), de manera que:

$$IDA = \frac{S_1 IFER + S_2 IFE + S_3 IAVA + S_4 ICOM}{St}$$

donde:

S_i : número de componentes de cada grupo de la biodiversidad agraria, considerada participativamente como posible para la localidad (Tabla III).

Los valores del IDA son adecuados cuando su valor sobrepasa el valor 0.7 y óptimos cuando se acercan a la unidad (1). Luego el valor de IDA es la media de los subíndices $IFER + IFE + IAVA + ICOM$. Obsérvese que cada subíndice posee igual equidad en cuanto al valor de la variable, lo que implica que la sostenibilidad total estará limitada por el valor del subíndice que menor valor de índice haya alcanzado.

Esa propuesta obliga a los actores a atender el agroecosistema integralmente, intentando promover la conservación del recurso suelo, y la diversidad acompañante, en igual magnitud que la diversidad de los cultivos alimenticios, para alcanzar sostenibilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al iniciarse la investigación, la Cooperativa de Producción «San Jerónimo R. L.», poseía las características generales siguientes: (i) potencialidades productivas adecuadas, aunque el suelo reflejó un valor de MO relativamente pobre pero reparable, con un reporte inferior al 3 %; rica en Ca y Mg y un Ph cercano a lo neutro (ii) las precipitaciones anuales de 1700 mm; mayores en verano (70 %) indican las altas posibilidades para establecer sistemas productivos de elevada eficiencia, durante varios meses del año, con pocas necesidades hídricas y las ventajas que ofrecen las temperaturas altas (26.6°C-26.9°C) durante todo el período para que las plantas del grupo C₄ expresen sus potencialidades productivas y (iii), la Cooperativa no poseía un programa de desarrollo definido y sus producciones han estado dirigidas al autoabastecimiento, intentando alcanzar soberanía alimentaria.

Tabla III. La diversidad necesaria por cada grupo de especies para determinar el IDA

Subíndice	Grupos de especie y grupos de diversidad
<i>IFER</i>	I. Formadoras I.1. animal I.1.1. huevos I.1.2. carne I.1.3. leche I.2. Vegetales I.2.1 leguminosas II. Energéticas II.1. raíces y tubérculos II.2. cereales II.3. oleaginosas) III. Reguladoras III.1. frutas III.2. vegetales
<i>IFE</i>	IV. Formadoras: vegetales IV.1. leguminosas arbóreas y rastreras V. Energéticas V.1. pastos y forrajes
<i>IAVA</i>	VI. Residuos orgánicos VI.1. cosechas-arvenses VII. Bioproductos VII.1. biofertilizantes VII.1.1. hongos-bacterias VII.1.2 otros como compost VIII. Abonos verdes VIII.1. Leguminosas VIII.2. poáceas
<i>ICOM</i>	IX. Complemento a la calidad de vida IX.1. alimenticio IX.2. no alimenticio X. Complemento espiritual X.1. trabajos artísticos X.2. religiosos XI. Complemento al agrosistema XI.1. natural: el bosque XI.2. inducido: cercas vivas XII. Complemento animales libres

Para calcular cada subíndice se asume participativamente un valor máximo (deseado) para cada grupo de especies (depende de las características de cada localidad) y un valor real.

En esta investigación se asumió como valor de juicio 0-3 (donde 0= inexistencia de la diversidad del grupo y 3= el máximo deseado aunque los autores (5) propusieron un valor de juicio entre 0-10. IDA alcanzará un valor aceptado cuando es ≥ 0.7 y su máximo, cuando asume en cada grupo de especie el valor máximo, IDA= 1.0.

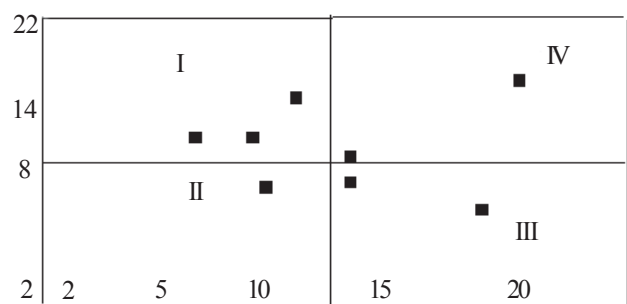
Los grupos de especies de subíndice se deciden participativamente y la ausencia de cualquier grupo ocurre solo si las condiciones edafoclimáticas, socioeconómicas o ambas, lo impiden.

Caracterización de los problemas. Los nueve problemas fundamentales de la cooperativa se recogen en la Tabla IV.

Tabla IV. Problemas fundamentales de la cooperativa su naturaleza y ubicación

Problemas por dimensión	Naturaleza problema	Ubicación por cuadrante
1 Faltan algunos recursos (E)	Pasivo	I
2 Bajos rendimientos (E)	Pasivo	I
3 Escasa fuerza de trabajo (S)	Indiferente	II
4 Baja agrobiodiversidad (M)	Crítico	IV
5 Faltan conocimientos y uso de la agroecología (S)	Crítico	IV
6 Inadecuado uso de la tierra (M)	Activo	III
7 Falta planificación, diseño, organizacional, control (E)	Activo	III
8 Escaso uso de técnicas agroecológicas (s)	Activo	III
9 Bajo nivel escolar (s)	Activo	III

La escasa capacitación (problema 5) y baja biodiversidad (problema 4) clasificaron como problemas críticos (Figura 1).



Activos	18	14	10	13	19	10	11	10	7
Pasivos	8	9	8	11	20	14	17	14	13
Problemas	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Figura 1. Jerarquización de los problemas y ubicación por cuadrantes (I, II, III, IV)

Según las valoraciones del autor de la Matriz, la solución de ambos problemas, solventarían los restantes (activos, pasivos e indiferentes) en correspondencia con los valores de dependencia concedidos por los participantes (0-3) a cada problema (Figura 1), que infiere un grado de subordinación al problema crítico. Sin embargo, los actores mostraron desconocer los valores utilitarios de la diversidad ausente y la necesidad de su introducción a la cooperativa, razón que permite suponer que aun cuando la diversidad resultó elegida como problema crítico, posee espacios de dependencia de la capacitación, lo cual fue reflejado al ubicarse el problema 4, cerca del punto de transición de los ejes.

El uso de matrices para jerarquizar problemas en investigaciones agroecológicas ha sido utilizado para las condiciones de la zona occidental de Cuba⁴; la falta de una adecuada planificación resultó ser el problema crítico, al evaluar tres agroecosistemas ganaderos, lo que le permitió hacer una propuesta concreta, para mejorar la productividad de los agroecosistemas estudiados; la capacitación en la investigación, constituyó un problema pasivo, prueba de que cada agroecosistema posee problemáticas diversas.

Análisis de la agrobiodiversidad utilizada en el escenario productivo. El mayor esfuerzo de los actores de la Cooperativa se ha puesto en cultivos alimenticios como maíz blanco para semilla, maíz amarillo y tierno (*Zea mays* L.); papa (*Solanum tuberosum* L.); yuca dulce (*Manihot sculenta* L.); ají dulce (*Capsicum annum*, L.); auyama (*Cucurbita pepo* L.); girasol (*Helianthus annum* L.) y leguminosas fundamentalmente frijoles (*Phaseolus vulgaris* L.). Parte de esta diversidad (Tabla V), debiera ser sustituida por otras más productivas y resistentes a plagas, teniendo en cuenta los bajos potenciales productivos que manifiestan y la susceptibilidad a plagas.

Tabla V. Especies arbóreas presentes en el área protegida dentro de la cooperativa

Nombre común	Nombre científico	Uso
Zábila	<i>Aloe vera</i> L.	Medicinal (H)
Orégano	<i>Lippia Alba</i> (Mill) N.C.Br.	Condimento
Lechosa	<i>Carica papaya</i> L.	Regulador
Parchita	<i>Pasiflora edulis</i> Sims	Regulador
Auyama	<i>Cucurbita pepo</i> L.	Energético
Mango	<i>Mangifera indica</i> L.	Regulador
Naranja	<i>Citrus cinensis</i> L.	Regulador
Plátano	<i>Musa paradisiaca</i> L.	Regulador
Cambur	<i>Musa cavendishii</i>	Energético
Yuca	<i>Manihot sculenta</i> L.	Energético
Maíz	<i>Zea mays</i> L.	Formador
Ají Dulce	<i>Capsicum annum</i> , L.	Regulador
Hierba Buena	<i>Mentha spicata</i> L.	Medicinal
Lechuga	<i>Lactuca sativa</i> L.	Regulador
Cebollín	<i>Allium fistulosum</i> L.	Regulador
Girasol	<i>Helianthus annum</i> L.	Energético

La diversidad animal, se resume en aves, compuesta por gallinas, patos; con la que los actores están garantizando una parte importante del autosostenimiento (en huevos y carne 30 % de lo que necesitan consumir diariamente); mientras que la cría de cerdos es aun incipiente y con ella resuelven una pequeña parte de la grasa que necesitan (12 %). Un nuevo renglón productivo pudiera ser la incorporación al sistema de ganado vacuno para la producción de leche dirigida al autoabastecimiento, pero falta el análisis de las condiciones para la alimentación.

⁴Quintas, S. Evaluación de la sostenibilidad de las fincas agrícolas del Guayabal ubicadas en el municipio San José de las Lajas. [Tesis de Maestría] UNAH. La Habana, 2008. 69 p.

En la actualidad no se procesa el estiércol de la cría de los animales, lo que constituye una limitante para el aprovechamiento del principio de la trilogía suelo-planta-animal, para un reciclaje más eficiente. Es necesario establecer sistemas de producción capaces de aportar mayor diversidad de cultivos por superficie en el tiempo, de modo que el índice de rotación se eleve, a favor de una mayor productividad asumiendo que bajo condiciones de suelo Ferralítico Rojo y clima similar al existente donde se desarrolló la investigación, se ha obtenido por más de cinco años, tres cosechas por año en sucesión, teniendo la papa como cultivo principal, seguido por el maíz y posteriormente frijol, maní o soya (16). Esa experiencia podría probarse con cultivos que brinden esa posibilidad en el tiempo.

La Cooperativa posee una reserva natural, que abarca una hectárea y media, protegida por una cerca artificial y con poca intervención antrópica, en esta área existe una gran variedad de especies leñosas, que conforman una pequeña reserva en la Cooperativa (Tabla VI).

Tabla VI. Especies arbóreas presentes en el área protegida dentro de la cooperativa

Merey del diablo (<i>Blighia sapida</i>)
Flor Amarilla (<i>Cassia robinifolia</i>)
Matarratón (<i>Gliricidia sepium</i>)
Guácimo (<i>Guazuma ulmifolia</i>)
Narauli (<i>Mimosa arenosa</i>)
Flamboyan (<i>Delonix regia</i>)
Caobo (<i>Swietenia macrophylla</i>)
Yacure (<i>Pithecellobium cyclocarpum</i>)
Pesjua extranjera (<i>Syzygium cuminii</i>)
Orore (<i>Pithecellobium ligustrinum</i>)
Samán (<i>Pithecellobium samán</i>)
Apamate (<i>Tabebuia rosea</i>)
Jabillo (<i>Hura crepitans</i>)
Carocaró (<i>Enterolobium cyclocarpum</i>)
Yagrumo (<i>Cerpia peltata</i>)
Bucare (<i>Erithirna fusca</i>)

Un total de 16 especies de importancia económica alberga el área protegida de gran valor para el resguardo de los suelos, por la alta cantidad de biomasa que genera anualmente y como fuente de mitigación de los cambios climáticos por su elevada capacidad de capturar carbono de la atmósfera y fijarlo al suelo (2); su conservación será una tarea de alta prioridad para corresponder al carácter conservacionista (3), teniendo en cuenta que aun no existe total conciencia ecológica entre los actores y decisores y la producción de madera constituye un rubro de alto valor económico.

Se realizó la propuesta de sustituir la cerca artificial del área protegida por una cerca viva con diversas especies de crecimiento compacto como piña de ratón (*Annana pinguin* L.) o flor de papel (*Bugarvilla spp.* L.), lo que podría además, contribuir al desarrollo de la apicultura como un nuevo rubro productivo para el agroecosistema. La importancia adicional de mantener esa reserva, está también asociada

al carácter ecológico de los procesos productivos, al convertirse en un corredor ecológico, vital para el equilibrio de los agroecosistemas.

Determinación del índice general de sostenibilidad (IGS). Un total de 10 indicadores fueron elegidos participativamente para la investigación, con un total de 45 variables (Tabla VII). Los indicadores seleccionados representaron las tres dimensiones de la sostenibilidad en una proporción similar. Un indicador con funcionalidad múltiple fue incluido como indicador económico (tecnologías alternativas) aunque posee elementos de lo ecológico y de lo social. La dimensión más representada por variables fue la económica (de la 11 a la 33) con 22; lo que denota su importancia para el análisis, teniendo en cuenta que esta es la dimensión que permitirá o no, dar continuidad al proceso transformador iniciado.

El valor de las variables que conforman cada indicador, determinan el valor del indicador, por tanto los bajos valores de los indicadores 5, 6 y 9 resultaron ser los más débiles dentro del agroecosistema y ellos se corresponden con: (i) dependencia de insumo; (ii) tecnologías alternativas y (iii) capacidad de gestión respectivamente (Tabla VII). La labor de los actores estará en elevar los valores de las variables que conforman cada indicador para lograr mayor acercamiento a la sostenibilidad. En particular las variables independencia de insumos No. 19, variedades de cultivos y raza animal No. 21 dentro del indicador resultaron ser las más deficientes. Resultados similares se obtuvieron trabajando en 15 agroecosistemas campesinos de menos de cinco hectáreas en Cuba⁵, aunque algunas de estas variables puede cambiar favorablemente, con facilitadores bien informados, que contribuyen a visualizar los problemas y recomendar cambios de actitud favorable al agroecosistema.

Excepto el recurso natural agua (disponibilidad, calidad y acceso) y el apoyo gubernamental, las variables están aun lejos de alcanzar niveles de sostenibilidad aceptables. La falta de otras fuentes de ingreso que posibiliten aprovechar oportunidades e imprevistos, así como independencia en los insumos agrarios y la carencia de socialización del conocimiento, fueron variables destacadas en su nivel de insostenibilidad. La capacitación y actualización del conocimiento que encierra la agricultura ecológica, será una razón adicional para acometer dicho programa y así poder alcanzar un mayor acercamiento a la sostenibilidad.

Determinación del Índice de agrobiodiversidad (IDA). Según muestra la Figura 2, la determinación del IDA (promedio de los subíndices que lo determinan) alcanzó el valor 0.37 (*IFER* 0.55; *IFE* 0.33; *IAVA* 0.33 e *ICOM* 0.26) valor que está mostrando su grado de insostenibilidad, con un valor inferior a 0.5 punto de partida para alcanzar un índice aceptable.

⁵Lores, A. Propuesta metodológica para el desarrollo sostenible de los agroecosistemas. Contribución al estudio de la Agrobiodiversidad. Estudio de caso: Comunidad «Zaragoza». [Tesis de doctorado]. La Habana, Cuba. 2009. 100 p.

Tabla VII. Determinación del índice general de sostenibilidad (IDS)

Indicadores	Variables (V)	Valor de la variable (Vv)	Valor indicador (Vi)
Suelo	1. Propiedades del suelo	6	24/40
	2. Calidad estructural del suelo	8	
	3. Relación área cultivable/área total	4	
	4. Cultivable descubierto (barbecho/año)	6	
Biodiversidad	5. Biodiversidad vegetal manejada	4	14/30
	6. Biodiversidad animal manejada	5	
	7. Opciones de la diversidad/especie	5	
Agua	8. Disponibilidad	10	26/30
	9. Acceso	10	
	10. Calidad (química y biológica)	6	
Eficiencia económica	11. Relación costos/beneficios	3	31/80
	12. Rendimientos agrario	4	
	13. Productividad del sistema	4	
	14. Autofinanciamiento	3	
	15. Ganancias totales	6	
	16. Números de rubros productivos	4	
	17. Diversidad de mercado	6	
	18. Otros ingresos a la finca	1	
Dependencia de insumos (independencia)	19. Independencia Insumos Externos	1	6/30
	20. Alimento animal	3	
	21. Variedades de cultivos y raza animal	2	
Tecnologías alternativas	22. Tecnologías sostenibles de manejo	2	22/70
	23. Empleo de alternativas nutricionales,	2	
	24. Manejo de plagas y arvenses	2	
	25. Producir y conservar semillas	4	
	26. Manejo sostenible de los animal	5	
	27. Conservación de las cosechas	4	
	28. Sistemas de riego	3	
	Recursos económicos	29. Recursos agrícolas y su estado	
30. Relación fuerza de trabajo/área		3	
31. Fuerza de trabajo y su calidad		8	
32. Almacenes para las cosechas y otros		7	
33. Corrales para animales, cercas vivas		8	
Calidad de vida	34. Confortabilidad y acceso a medios	7	33/50
	35. Acceso a la salud	5	
	36. Acceso a la educación	6	
	37. Disponibilidad de alimentos (cantidad)	8	
	38. Diversidad de alimentos (nutrientes)	7	
Capacidad de gestión	39. Conocimientos sobre agricultura	3	14/40
	40. Capacidad innovación	3	
	41. Socialización del conocimiento	2	
	42. Aceptación a la capacitación	6	
Apoyo del gobierno	43. Facilidades de pago	5	21/30
	44. Acceso a créditos	10	
	45. Apoyo a la agricultura ecológica	6	
Índice general de sostenibilidad (IGS)			0.52

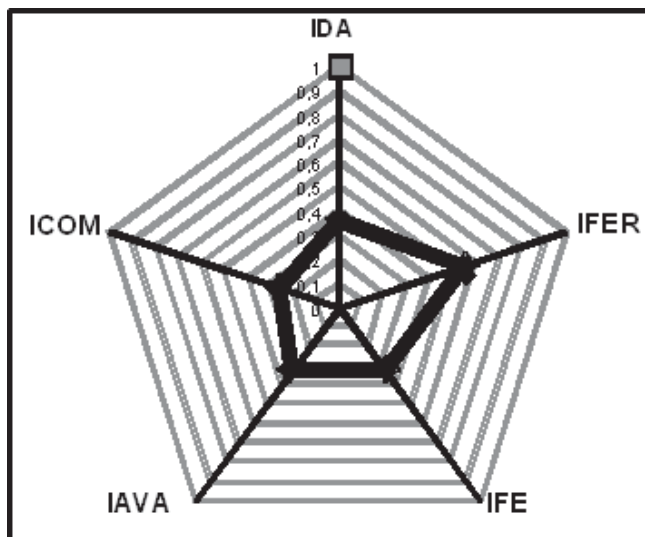


Figura 2. Valores del IDA y de los subíndices que lo determinan

Para calcular el IDA se procedió primero, al cálculo de los subíndices (Tabla II)

Así, el IDA = $\sum (IFER + IFE + IAVA + ICOM)/4$

$IFER^* = I (F_{I.1} + F_{I.2}) + II (E_{II.1} + E_{II.2} + E_{II.3}) + III (R_{III.1} + R_{III.2})$

$IFER = (0 + 2 + 2 + 0)/12 + (3 + 2 + 2)/9 + (2 + 2)/6$

$IFER = (4 + 7 + 4)/27 = 15/27$; entonces: $IFER = 0.55$

$IFE = IV(F_1) + V (E_{V.1} + E_{V.2})$ $IFE = (1 + 1)/6 = 2/6$; es decir $IFE = 0.33$

$IAVA = (2 + 1 + 0) = 3/9$ así sería: $IAVA = 0.33$

$ICOM = VI_{.1} (2) + VII_{.1} (1) + VIII_{.1} (1)$

$ICOM = 2 + 0 + 1 + 1 = 4/15 = ICOM = 0.26$

$IDA = (0.55 + 0.33 + 0.33 + 0.26)/4$; luego: $IDA = 0.37$

Dentro de los subíndices evaluados *IFER* presentó la situación más favorable, pero sin llegar a los niveles que exigen sus creadores para alcanzar sostenibilidad (≥ 0.7), se aprecian deficiencias en el subíndice *ICOM* por sus bajos valores, el cual refiere la diversidad que acompaña la espiritualidad humana como las flores y las plantas ornamentales entre otras señaladas por los actores, como imprescindibles en el agroecosistema. Sería recomendable revisar el historial de la finca para conocer las especies de mayor productividad desarrollados en etapas de trabajos precedentes para mantenerlas como ornamento para la finca o como un rubro comercial.

Similares deficiencias se pudieron apreciar para el *IAVA* e *IFE*, un valor de referencia para el punto de partida lo ofrece el *IFER*, por la contribución del aporte en proteína animal y los reguladores (vegetales y frutas) que aun cuando todavía no han alcanzado los valores deseados, están representando al indicador de suprema importancia dentro del agroecosistema, la alimentación humana. Resulta fácil apreciar el distanciamiento de este agroecosistema a la sostenibilidad observando la Figura 2.

CONCLUSIONES

- Se determinó que la falta de capacitación y escasa diversidad son los problemas críticos limitantes de la sostenibilidad en la cooperativa «San Jerónimo R. L.», Aguirre.
- El índice general de sostenibilidad (IGS) del agroecosistema (0.52) mostró su distanciamiento de la sostenibilidad agroecológica.
- Los indicadores menos eficientes fueron: la independencia de insumo, la falta de tecnologías alternativas y la escasa capacidad de gestión.
- El grado de insostenibilidad del agroecosistema para el indicador diversidad, mostró un IDA de 0.37 y ninguno de los subíndices que determinan el IDA (*IFER*, *IFE*, *IAVA* e *ICOM*) alcanzó valores cercanos a la sostenibilidad.
- El IDA resultó ser un indicador de gran provecho para evaluar sostenibilidad junto al IGS.

REFERENCIAS

1. Rosset, P. La crisis de la agricultura convencional, la sustitución de insumos y el enfoque agroecológico. Conferencia. Encuentro Agricultura Orgánica. La Habana, Cuba, 2010.
2. Maser, O.; Astier, M. y López-Ridaura, S. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS. Serie: Evaluación de la sustentabilidad. Mundi Prensa. Gira: UNAM. 160 p.
3. Sarandón, S. J. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sostenibilidad de los agroecosistemas. En Agroecología. El camino hacia una agricultura sostenible. Ed. Científicas Americanas, 2002, p. 393-414.
4. Zinck, J. A.; Berroterán, J. L.; Farshad, A.; Moameni, A.; Wokabi, S. y Van Ranst, E. La sostenibilidad agrícola: Análisis jerárquico. *Gaceta Ecológica*, 2006, no. 76, p. 53-72.
5. Leyva, A. y Lores, A. Nuevos índices de agrobiodiversidad (IDA) como herramienta de evaluación de los agroecosistemas. VI Encuentro de Agricultura Orgánica Sostenible. La Habana, Cuba. 2008.
6. EFAD, Introducción a la Investigación Acción- participativa. Escuela de Estudios y Formación en Abordaje de Adicciones y Situaciones Críticas Asociadas. Santiago de Chile, *Folleto*, 2006. 62 p.
7. Schonhuth, M.; Kievelitz, U. Diagnóstico rural rápido participativo. Métodos de diagnóstico y planificación en la cooperación al desarrollo. *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. GTZ. GmbH*. 1994, 137 p.
8. Geilfus, F. 80 herramientas para el desarrollo rural participativo. N diagnóstico, planificación, monitoreo, evaluación. Méx. *IICA-SAGAR*, 2000, 206 p.
9. Ammour, T. y Reyes R. Evaluación de la sostenibilidad de los sistemas de producción en la concesión comunitaria de San Miguel. Peten, Guatemala. [Consultado: 3-2006]. Disponible en: <http://www.netmye.net/enespanol/Documentos/Evaluación_de_la_Sostenibilidad_SPCC_Petén_Guatemala.pdf>.

10. López-Ridaura, S. Sustentabilidad y Sistemas Campesinos: Cinco experiencias de evaluación en el México Rural. México. Mundi-Prensa. 2002.
11. Vester, F. Unsere Welt. Ein Vernetztes Systems. Munich:Ed. DTV. 1983, 177 p.
12. INIA. Técnicas para los análisis de suelos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Carabobo, R.B. de Venezuela. 2010
13. Astier, M. y Hollands, J. Sostenibilidad y campesinado. Seis experiencias agroecológicas en Latinoamérica. Madrid : Ed. Mundi-Prensa. 2005.
14. ICBF. Tabla de composición de alimentos colombianos. Ministerio Salud. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) D.C. Colombia. 1996, 132 p.
15. Leyva, A. y Pohlan, J. Reflexiones sobre la Agroecología en Cuba. Análisis de la Biodiversidad. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. ISBN: 978-9597023-8, San José de las Lajas, La Habana. 2007. 290 p.

Recibido: 24 de noviembre de 2011

Aceptado: 5 de junio de 2012

¿Cómo citar?

Gravina Hernández, Bruno A. y Leyva Galán, Ángel. Utilización de nuevos índices para evaluar la sostenibilidad de un agroecosistema en la República Bolivariana de Venezuela. *Cultivos Tropicales*, 2012, vol. 33, no. 3, p. 15-22. ISSN 1819-4087.