

DIAGNÓSTICO DE LA COMPLEJIDAD DE LOS DISEÑOS Y MANEJOS DE LA BIODIVERSIDAD EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA EN TRANSICIÓN HACIA LA SOSTENIBILIDAD Y LA RESILIENCIA

Luis L. Vázquez Moreno

Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV), Calle 110 No 514. Entre 5ta B y 5ta F. CP 11600. Playa. La Habana. Cuba. E-mail: llvazquezmoreno@yahoo.es

Resumen

La biodiversidad se considera esencial en el proceso de reconversión de los sistemas de producción agropecuaria y en la resiliencia al cambio climático. Como resultado de varios años de innovación, se ofrece una nueva propuesta para el diagnóstico de la complejidad de los diseños y manejos de los elementos de la biodiversidad. Se generaron 64 indicadores de los seis indicativos siguientes: 18 indicadores sobre diseño y manejo de los elementos de la biodiversidad productiva (DMBPr), siete sobre manejo y conservación del suelo (MCS), cinco sobre manejo y conservación del agua (MCA), cinco sobre manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos (MISRPr), 15 sobre diseño y manejo de los elementos de la biodiversidad auxiliar (DMBAu) y 14 sobre el estado de los elementos de la biodiversidad asociada (EBAs). Los resultados permiten determinar el Coeficiente de Manejo de la Biodiversidad (CMB), clasificar el sistema de producción respecto a la complejidad alcanzada y elaborar un plan de reconversión. Los resultados del diagnóstico de dos fincas cercanas: "La Provechosa", que obtuvo un Coeficiente de Manejo de la Biodiversidad (CMB) de 2,35, clasificándose los diseños y manejos de la biodiversidad como: "Medianamente Compleja"; por otro lado, la finca "La Trocha", que obtuvo un CMB de 1,3 fue clasificada como: "Simplificada", la primera está considerada localmente como en transición sobre bases agroecológicas y la segunda como convencional.

Palabras clave: Sistemas de producción, biodiversidad, diagnóstico, agricultura sostenible, resiliencia.

Summary

Diagnosis of the complexity of the designs and management of the biodiversity in agricultures production systems in transition to the sustainability and the resilience

Biodiversity is considered essential in the process of agroecological conversion of agricultural production systems and in enhancing resilience to climatic change. As a result of several years of research, we offer a new proposal for the diagnosis of the complexity of the designs and management of the biodiversity elements in agroecosystems. 64 indicators have been generated that can be grouped in the following 6 categories: 18 indicators on design and management of the elements of productive biodiversity (DMBPr), 7 indicators on soil management and conservation (MCS), 5 on water management and conservation (MCA), 5 on management of the plant protection interventions in productive systems (MISRPr), 15 on design and management of the elements of the auxiliary biodiversity (DMBAu) and 14 on the state of the elements of the associate biodiversity (EBAs). The measurement of these indicators allows one to determine the Coefficient of Biodiversity Management (CMB), to classify the production system regarding its level of complexity and thus elaborate an agroecological conversion plan. Herein we present the results of the application of this methodology on two neighboring farms: "La Provechosa" which obtained a CMB of 2,35, classified as "fairly complex" given its designs and management of biodiversity; "La Trocha" with a CMB of 1,3 obtained and thus classified as: "Simplified", therefore requiring a diversification plan to transition from conventional to agroecological management.

Key words: Production systems, biodiversity, diagnosis, sustainable agriculture, resilience.

Introducción

La importancia de la biodiversidad para la reconversión de los sistemas de producción agropecuaria (SPA) hacia la sostenibilidad y la resiliencia, así como el valor que ésta tiene para la soberanía tecnológica, energética y alimentaria de los sistemas agrarios, demanda procesos de innovación local que contribuyan a generar diseños y manejos complejos, así como metodologías para evaluarlos.

Varias teorías ecológicas argumentan que, el funcionamiento eficiente de los sistemas de producción agropecuaria, no depende solamente de los elementos de la biodiversidad que se introducen y habitan en el mismo, pues la diversidad no siempre es algo inherente a la estabilidad (Tilman *et al.* 1998) y como señalaran Odum y Sarmiento (1998), son esenciales sus interacciones; por ello, la integración y diversificación de rubros productivos no es la única solución para aumentar la complejidad de los agroecosistemas (Vázquez *et al.* 2012).

La biodiversidad se refiere a todas las especies de plantas, animales y microorganismos que existen e interactúan en un ecosistema (McNeely *et al.* 1990), desconociéndose que en los sistemas agrícolas la biodiversidad debe realizar servicios que van más allá de la producción de alimentos, fibras, combustibles e ingresos, como por ejemplo el reciclaje de nutrientes, el control del microclima local, la regulación de los procesos hidrológicos locales, la regulación de la abundancia de organismos indeseables, la detoxificación de productos químicos nocivos (Altieri y Nicholls 2007a) y la resiliencia ante los eventos externos del cambio climático (Nicholls y Altieri 2012), entre otras funciones que contribuyen a la eficiencia del sistema de producción.

Para el diagnóstico de la biodiversidad en los ecosistemas son muy utilizados los índices clásicos de Shannon y Margalef, que determinan la diversidad y la riqueza de especies, mismos que también se emplean para evaluar la biodiversidad en agroecosistemas (Gliessman 2001) y que han sido adaptados al sustituir la población por la diversidad de la producción (Funes-Monzote 2009) e incluir las interacciones, el número de relaciones entre los elementos y la redundancia de dichas relaciones (Griffon 2008).

Diversas investigaciones están generando nuevas metodologías, que en la mayoría incluyen indicadores para evaluar la biodiversidad, entre otros atributos de la sostenibilidad y la resiliencia, como es el caso de la capacidad de adaptación al cambio climático (Altieri 2009, Altieri *et al.* 2012, Holt-Gimenez 2002, Zuluaga *et al.* 2013, Rogé y Astier 2013); la eficiencia energética de la agrobiodiversidad (Funes-Monzote *et al.* 2013); la biodiversidad como atributo de la sostenibilidad (Astier *et al.* 2008, Dellepiane y Sarandón 2008); funciones de la agrobiodiversidad (Leyva y Loes 2012); estructura del agroecosistema (León 2010) y diseños y manejos de la

biodiversidad (Vázquez y Matienzo 2006, Vázquez *et al.* 2011).

En el presente artículo, se ofrece una nueva propuesta metodológica para el diagnóstico de los diseños y manejos de la biodiversidad en el sistema de producción, que considera varias dimensiones: las especies, la complejidad de los arreglos espaciales, estructurales y temporales, así como el enfoque de conservación de los recursos naturales, por lo que es una versión más amplia que las anteriormente presentadas (Vázquez y Matienzo 2006, Vázquez *et al.* 2011), que facilita la planificación para realizar las transformaciones necesarias en los predios y es parte de un proyecto de diagnóstico e innovación sobre biodiversidad en fincas (BioFincas).

Materiales y métodos

La generación de los indicativos e indicadores que se ofrecen en la presente metodología, parte de un estudio anterior realizado (Vázquez y Matienzo 2006), que fue mejorado para incluir el diagnóstico de los elementos, diseños, manejos e interacciones de la biodiversidad (Vázquez *et al.* 2011), resultados que se han perfeccionado con la participación de los agricultores y técnicos del proyecto Biofincas, que consiste en un proceso de aprendizaje, diagnóstico e innovación participativos, que se realiza en fincas de la agricultura suburbana desde 2011 (Vázquez y Alfonso 2013).

Para facilitar el diagnóstico, los cálculos finales y la representación gráfica de los resultados, los indicadores utilizados se evalúan mediante una escala de 0 a 4 grados, considerando recomendaciones de Sarandón y Flores (2009), que concibe el último valor de la escala (4) como óptimo y permite ponderar los indicadores que más interesan respecto a la capacidad de autorregulación del sistema.

El rango de la escala, en la medida que avanza hacia el valor óptimo, se ha ajustado según las demandas actuales, respecto a la reconversión de los sistemas de producción agropecuaria hacia sistemas sostenibles (Funes-Monzote 2009, Leyva y Pohlan 2005, Machín *et al.* 2010, Rodríguez 2011, Vázquez *et al.* 2012).

Con el propósito de facilitar la evaluación, los elementos de la biodiversidad se agruparon en los componentes funcionales siguientes (Vázquez *et al.* 2011): "biodiversidad productiva" como la biota introducida que se planifica y se cultiva o cría con fines económicos; "biodiversidad asociada" u organismos que influyen de manera directa, positiva o negativa, sobre el desarrollo fisiológico y la defensa de las plantas cultivadas; "biodiversidad auxiliar" como la vegetación no cultivada que habita naturalmente o se introduce, que se maneja para influir positivamente sobre el resto de la biodiversidad; y como "biodiversidad introducida" los organismos que se introducen para lograr efectos directos en beneficio de la biota productiva.

A su vez, estos componentes funcionales se relacionaron con el manejo que se realiza en el sistema de producción, para efectuar el diagnóstico mediante los indicadores siguientes:

- Diseño y manejo de los elementos de la biodiversidad productiva (DMBPr). Se incluyen los indicadores sobre tipos y diversidad de rubros productivos y la complejidad de sus diseños y manejos; también la procedencia y origen del material genético que se utiliza (Tabla 1). Para determinar el coeficiente de manejo del indicativo se emplea la expresión siguiente: $DMBPr = \frac{\sum [2Pr_1 + Pr_2 + 2Pr_3 + Pr_4 + Pr_5 + Pr_6 + Pr_7 + Pr_8 + Pr_9 + Pr_{10} + Pr_{11} + 3Pr_{12} + Pr_{13} + Pr_{14} + Pr_{15} + Pr_{16} + Pr_{17} + 2Pr_{18}]}{23}$.

- Manejo y conservación del suelo (MCS). Se consideran los manejos específicos que se realizan en el suelo (Tabla 2), que contribuye a la conservación y mejora de las funciones de la biota que habita en el mismo. Se emplea la expresión siguiente: $MCS = \frac{\sum [2S_1 + S_2 + S_3 + 2S_4 + S_5 + S_6 + S_7]}{9}$.
- Manejo y conservación del agua (MCA). El agua, además de ser un recurso natural que requiere ser utilizado óptimamente, tiene una gran influencia en el manejo y conservación de la biodiversidad (Tabla 3). Se emplea la expresión siguiente: $MCA = \frac{\sum [A_1 + A_2 + 2A_3 + 2A_4 + A_5]}{7}$.
- Manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos (MISRPr). Las intervenciones con pro-

Tabla 1. Indicadores y escalas para evaluar los diseños y manejos de los elementos de la biodiversidad productiva (DMBPr). Resultados del diagnóstico de las fincas “La Provechosa” (LP) y “La Trocha” (LT).

Indicadores	Complejidad	Fincas	
		LP	LT
Tipos de rubros productivos (Pr ₁)	1: ha integrado 1-2 tipos de rubros productivos; 2: ha integrado tres tipos de rubros productivos; 3: ha integrado más de tres tipos de rubros productivos; 4: ha integrado más de tres tipos de rubros productivos vegetales y animales.	4	1
Diversidad de especies de cultivos herbáceos y arbustivos (Pr ₂)	1: 1-3 cultivos; 2: 3-6 cultivos; 3: 7-10 cultivos; 4: más de 10 cultivos	4	1
Aprovechamiento de los sistemas de cultivos temporales (Pr ₃)	1: menos del 25 % de la superficie con 2-3 siembras; 2: 25-50 % de la superficie con 2-3 siembras; 3: más del 50 % de la superficie con dos siembras; 4: más del 50 % de la superficie con tres siembras	4	1
Superficie con diseños en policultivos (Pr ₄)	1: menos 26 %; 2: 26-50 %; 3: 51-75 %; 4: más del 75 %	4	0
Complejidad de diseños en policultivos (Pr ₅)	1: dos especies asociadas o intercaladas; 2: tres especies asociadas o intercaladas; 3: cuatro especies asociadas e intercaladas; 4: más de cuatro especies asociadas e intercaladas	1	0
Diversidad de especies en sistemas de cultivos arbóreos (Pr ₆)	1: una especie; 2: dos especies; 3: tres especies; 4: más de tres especies	2	0
Superficie con diseños agroforestales (Pr ₇)	1: menos 26 %; 2: 26-50 %; 3: 51-75 %; 4: más del 75 %	1	0
Complejidad de diseños agroforestales (Pr ₈)	1: dos especies integradas; 2: tres especies integradas; 3: cuatro especies integradas; 4: más de cuatro especies integradas	1	0
Diversidad de animales en sistemas de crianza (Pr ₉)	1: 1-2 especies; 2: 3-4 especies; 3: 5-6 especies; 4: más de 6 especies	1	1
Superficie con diseños silvopastoriles (Pr ₁₀)	1: menos 26 %; 2: 26-50 %; 3: 51-75 %; 4: más del 75 %	0	0
Complejidad vegetal de diseños silvopastoriles (Pr ₁₁)	1: dos especies integradas; 2: tres especies integradas; 3: cuatro especies integradas; 4: más de cuatro especies integradas	0	0
Complejidad de sistema con diseño mixto (Pr ₁₂)	1: integran en la misma superficie diversidad de especies de 1-2 rubros productivos; 2: integran en la misma superficie diversidad de especies de 3-4 rubros productivos; 3: integran diversidad de especies de 5-6 rubros productivos; 4: integran diversidad de especies de más de seis rubros productivos.	1	0
Superficie de sistemas de cultivos complejos (Pr ₁₃). (Pr ₄ + Pr ₇ + Pr ₁₀ + Pr ₁₂)	1: menos 26 %; 2: 26-50 %; 3: 51-75 %; 4: más del 75 %	4	0
Procedencia del material de siembra (Pr ₁₄)	1: 100 % nacional; 2: 50-50% (nacional-provincia); 3: Mas 50-70 % forma productiva-propia; 4: Mas 70 % propia	3	1
Origen de variedades (Pr ₁₅)	1: 100 % importado; 2: entre 40-60 % nacional-importado; 3: Mas 60 % obtenido en la forma productiva y propia; 4: Mas 70 % propia (incluye autóctonas)	3	1
Procedencia de pie de crías de animales (Pr ₁₆)	1: 100 % nacional; 2: 50-50% (nacional-provincia); 3: Mas 50-70 % forma productiva-propia; 4: Mas 70 % propia	2	2
Origen de razas (Pr ₁₇)	1: 100 % importado; 2: entre 40-60 % nacional-importado; 3: Mas 60 % obtenido en la forma productiva y propia; 4: Mas 70 % propia (incluye autóctonas)	2	2
Autosuficiencia en alimento para animales de crianza (Pr ₁₈)	1: genera hasta el 25 %; 2: genera hasta el 50 %; 3: genera hasta el 75 %; 4: genera más del 75 %.	2	1
DMBPr		2,2	0,6

Tabla 2. Indicadores y escalas para evaluar el manejo y conservación del suelo (MCS). Resultados del diagnóstico de las fincas “La Provechosa” (LP) y “La Trocha” (LT).

Indicadores	Complejidad	Fincas	
		LP	LT
Sistema de rotación de cultivos (S_1)	1: rota, pero sin estar planificado o diseñado; 2: tiene un sistema de rotación concebido según demandas del suelo (propiedades); 3: el sistema de rotación planificado considera además de 2, la reducción de incidencia de arvenses; 4: el sistema de rotación es holístico; es decir, considera diferentes propósitos (suelo, arvenses, plagas, enfermedades).	4	1
Superficie en rotación de cultivos (S_2)	1: rota hasta el 25 % de los campos de cultivos temporales y anuales; 2: rota entre 26-50 %; 3: rota entre 51-75 %; 4: rota más del 75 %	3	1
Diversidad de fuentes de biomasa orgánica (S_3)	1: cuando incorpora un tipo de fuente de materia orgánica; 2: cuando incorpora dos tipos; 3: cuando incorpora tres tipos; 4: cuando incorpora más de tres tipos	4	1
Superficie con incorporación de biomasa orgánica (S_4)	1: menos del 25 %; 2: entre el 26 y 50 %; 3: entre el 50-75 %; 4: más del 75 %	4	2
Superficie de siembras con laboreo mínimo o sin laboreo (S_5)	1: menos del 20 %; 2: entre el 20 y 30 %; 3: entre el 30-50 %; 4: más del 50 %	1	0
Superficie con prácticas antierosivas (S_6)	1: menos del 25 % superficie sistema; 2: entre el 26 y 50 % superficie sistema; 3: entre el 50-75 % superficie sistema; 4: más del 75 % superficie sistema	4	0
Conservación en la preparación del suelo (S_7)	1: utiliza los implementos convencionales, pero integra los de conservación (multiarado, tiller u otros que no invierten el prisma) en 25 %; 2: utiliza los implementos convencionales, pero integra los de conservación (multiarado, tiller u otros que no invierten el prisma) en 50 %; 3: utiliza los implementos convencionales, pero integra los de conservación (multiarado, tiller u otros que no invierten el prisma) en más 50 %; 4: Solamente utiliza implementos de conservación del suelo.	4	2
MCS		3,9	1,5

Tabla 3. Indicadores y escalas para evaluar el manejo y conservación del agua (MCA). Resultados del diagnóstico de las fincas “La Provechosa” (LP) y “La Trocha” (LT).

Indicadores	Complejidad	Fincas	
		LP	LT
Superficie bajo sistemas de riego (A_1)	1: menos 25 % de la superficie; 2: 26-50 % de la superficie 3: 51-75 % de la superficie; 4: más del 75 % de la superficie	4	4
Sistemas de riego (A_2)	1: gravedad o aniego; 2: aspersores; 3: microaspersores; 4: goteo (localizado)	4	2
Fuentes de abasto de agua para uso agrícola (A_3)	1: Acueducto; 2: Pozo; 3: Natural; 4: Colecta de lluvia	2	2
Manejo del drenaje (A_4)	1: menos 25 % de la superficie; 2: 26-50 % de la superficie; 3: 51-75 % de la superficie; 4: más del 75 % de la superficie	3	3
Sistema de drenaje (A_5)	1: creado naturalmente; 2: elaborado según observación de corrientes de agua; 3: elaborado según curvas de nivel; 4: elaborado según (2) + (3)	1	1
MCA		2,7	2,4

ductos u otras técnicas para reducir la incidencia de organismos nocivos a las plantas cultivadas y los animales de crianza. Los indicadores utilizados consideran la reducción de intervenciones, la integración de productos biológicos y de estos, los que se obtienen en el propio sistema (Tabla 4). Se emplea la expresión siguiente: $MIRP = \sum [I_1 + 2I_2 + I_3 + 2I_4 + I_5] / 7$.

Diseño y manejo de los elementos de la biodiversidad auxiliar (DMBAu). La vegetación auxiliar en un SPA puede estar integrada por la cortina rompe vientos, cerca viva perimetral e internas, arboledas, ambientes seminaturales, corredores ecológicos internos y barreras vivas laterales e intercaladas en los campos. Se considera la estructura de los

elementos que la integran, así como la complejidad de los diseños y manejos que se realiza (Tabla 5). Se emplea la expresión siguiente: $DMBAu = \sum [2Au_1 + Au_2 + 2Au_3 + Au_4 + 3Au_5 + Au_6 + Au_7 + 2Au_8 + Au_9 + 2Au_{10} + Au_{11} + Au_{12} + Au_{13} + 2Au_{14} + Au_{15}] / 22$. Estado de los elementos de la biodiversidad asociada (EBAs). La biodiversidad asociada son los organismos, sean animales, vegetales y microorganismos, que se asocian a las plantas cultivadas y los animales de crianza, en unos casos con interacciones positivas y en otras negativas, representados por los polinizadores, reguladores naturales, organismos nocivos, entre otros de diferentes funciones en el agroecosistema. Se considera la incidencia y diversidad de los grupos que pueden ser

Tabla 4. Indicadores y escalas para evaluar el manejo de las intervenciones sanitarias en rubros productivos (MISRPr). Resultados del diagnóstico de las fincas “La Provechosa” (LP) y “La Trocha” (LT).

Indicadores	Complejidad	Fincas	
		LP	LT
Decisiones de intervenciones en rubros productivos vegetales (I ₁)	1: cuando realiza igual o mayor número de intervenciones; 2: cuando se ha reducido entre un 20-40 % el número de intervenciones; 3: cuando se han reducido entre un 41-60 %; 4: cuando se han reducido en más de un 60 %.	2	1
Integración de intervenciones biológicas en rubros productivos vegetales (I ₂)	1: menos del 20 % de insumos biológicos; 2: 21-40 % de insumos biológicos; 3: 41-60 % biológicos; 4: más del 60 % de insumos biológicos.	1	1
Decisiones de intervenciones en rubros productivos animales (I ₃)	1: cuando realiza igual o mayor número de intervenciones; 2: cuando se ha reducido entre un 20-40 % el número de intervenciones; 3: cuando se han reducido entre un 41-60 %; 4: cuando se han reducido en más de un 60 %.	1	1
Integración de intervenciones biológicas en rubros productivos animales (I ₄)	1: menos del 20 % de insumos biológicos; 2: 21-40 % de insumos biológicos; 3: 41-60 % biológicos; 4: más del 60 % de insumos biológicos.	1	1
Nivel de autosuficiencia de insumos para intervenciones en rubros vegetales y animales (I ₅)	1: genera hasta el 25 % de los insumos utilizados; 2: genera hasta el 50 %; 3: genera hasta el 75 %; 4: genera más del 75 %.	1	0
MISRPr		1,1	0,7

Tabla 5. Indicadores y escalas para evaluar los diseños y manejos de los elementos de la biodiversidad auxiliar (DMBAu). Resultados del diagnóstico de las fincas “La Provechosa” (LP) y “La Trocha” (LT).

Indicadores	Complejidad	Fincas	
		LP	LT
Superficie con barreras vivas laterales (Au ₁)	1: Menos 25 % campos; 2: 26-50 % campos; 3: 51-75 % campos; 4: mas 75 % campos	4	0
Diversidad de especies en barreras vivas laterales (Au ₂)	1: una especie; 2: dos especies; 3: tres especies; 4: más de tres especies.	3	0
Superficie con barreras vivas intercaladas (Au ₃)	1: Menos 25 % campos; 2: 26-50 % campos; 3: 51-75 % campos; 4: mas 75 % campos	3	0
Diversidad de especies en barreras vivas intercaladas (Au ₄)	1: una especie; 2: dos especies; 3: tres especies; 4: más de tres especies.	2	0
Corredores ecológicos internos (Au ₅)	1: existen, pero sin considerar sus funciones; 2: se conservan sin intervenciones para garantizar sus funciones; 3: se incrementan según diseño; 4: (2) o (3) + se conectan con barreras vivas y cerca viva perimetral.	3	0
Diversidad de especies en corredores ecológicos internos (Au ₆)	1: una especie predominante (mayor 30 %); 2: dos especies predominantes; 3: tres especies predominantes; 4: más de tres especies predominantes	2	0
Diversidad estructural de los corredores ecológicos internos (Au ₇)	1: 1-2 especies arbóreas integradas; 2: (1) + 1-2 especies arbustivas; 3: (1) + (2) + 1-2 especies herbáceas; 4: Mas de tres especies arbustivas o arbóreas	2	0
Manejo de ambientes seminaturales (Au ₈)	1: existen, pero sin considerar sus funciones; 2: se conservan sin intervenciones para garantizar sus funciones; 3: se incrementan; 4: se mejoran sus funciones integrando plantas necesarias	1	1
Diversidad estructural de los ambientes seminaturales (Au ₉)	1: predominan 1-2 especies arbóreas integradas; 2: (1) + predominan 1-2 especies arbustivas; 3: (1) + (2) + predominan 1-2 especies herbáceas; 4: predominan más de cinco especies arbustivas o arbóreas	1	1
Manejo de arboledas (Au ₁₀)	1: existen, pero sin considerar sus funciones; 2: se conservan sin intervenciones para garantizar sus funciones; 3: se incrementan; 4: se mejoran sus funciones integrando plantas necesarias	1	1
Diversidad estructural de las arboledas (Au ₁₁)	1: predominan 1-2 especies arbóreas integradas; 2: (1) + predominan 1-2 especies arbustivas; 3: (1) + (2) + predominan 1-2 especies herbáceas; 4: predominan más de cinco especies arbustivas o arbóreas	1	1
Manejo de cerca perimetral (Au ₁₂)	1: Menos 25 % de la periferia; 2: 26-50 %; 3: 51-75 %; 4: Mas 75 %	3	3
Diversidad estructural de la cerca viva perimetral (Au ₁₃)	1: 1-2 especies arbóreas integradas; 2: (1) + 1-2 especies arbustivas; 3: (1) + (2) + 1-2 especies herbáceas; 4: Mas de tres especies arbustivas o arbóreas	1	1
Tolerancia de arvenses (Au ₁₄)	1: solo en la etapa final del cultivo; 2: desde que pasa el periodo crítico del cultivo; 3: según grado de incidencia; 4: durante todo el cultivo, de acuerdo a la incidencia de especies más competitivas.	1	1
Diversidad de animales para labores (Au ₁₅)	1: una especie; 2: dos especies; 3: tres especies; 4: más de tres especies.	1	1
DMBAu		2,0	0,9

Tabla 6. Indicadores para evaluar el estado de los elementos de la biodiversidad asociada (EBAs). Resultados del diagnóstico de las fincas "La Provechosa" (LP) y "La Trocha" (LT).

Indicadores	Complejidad	Fincas	
		LP	LT
Incidencia de arvenses (As_1)	1: más de 75 % grado de enmalezamiento; 2: entre 51 y 75 % grado de enmalezamiento; 3: entre 26-50 % grado de enmalezamiento; 4: menos 25 % grado de enmalezamiento	3	3
Diversidad de arvenses (As_2)	1: se observan tres especies; 2: se observan 3-7 especies; 3: se observan 8-11 especies; 4: se observan más de 11 especies.	3	3
Incidencia de nematodos de las agallas (As_3)	1: más del 75 % plantas afectadas; 2: entre 51-75 %; 3: entre 26-50 %; 4: menos 25 %.	0	0
Incidencia de organismos nocivos en los cultivos (As_4)	1: más del 75 % superficie afectada; 2: entre 51-75 %; 3: entre 26-50 %; 4: menos 25 %.	3	2
Diversidad de organismos nocivos fitófagos (As_5)	1: se observa una especie; 2: se observan dos especies; 3: se observan tres especies; 4: se observan más de tres especies.	2	3
Diversidad de organismos nocivos fitopatógenos (As_6)	1: se observa una especie; 2: se observan dos especies; 3: se observan tres especies; 4: se observan más de tres especies.	2	2
Incidencia de organismos nocivos en los animales de cría (As_7)	1: más del 75 % individuos afectados; 2: entre 51-75 %; 3: entre 26-50 %; 4: menos 25 %.	3	3
Diversidad de parásitos en animales de cría (As_8)	1: se observa una especie; 2: se observan dos especies; 3: se observan tres especies; 4: se observan más de tres especies.	1	1
Diversidad de enfermedades de animales de cría (As_9)	1: se observa una enfermedad; 2: se observan dos enfermedades; 3: se observan tres enfermedades; 4: se observan más de tres enfermedades	0	0
Diversidad de polinizadores (As_{10})	1: se observa una especie; 2: se observan dos especies; 3: se observan tres especies; 4: se observan más de tres especies.	2	1
Diversidad de grupos de reguladores naturales (As_{11})	1: Se observa uno o dos grupos; 2: Se observa de uno a tres; 3: Se observa de uno a cinco; 4: Se observan más de cinco	3	1
Población de reguladores naturales (As_{12})	1: Se observa de 1-5 individuos; 2: Más de 5 individuos; 3: Más de 10 individuos; 4: Inmediatamente se observan altas poblaciones	2	1
Diversidad de macrofauna del suelo (As_{13})	1: 0,1-2,0 especies; 2: 2,1-3,0 especies; 3: 3,1-4,4 especies; 4: más de 4,5 especies	2	1
Población de macrofauna del suelo (As_{14})	1: 1-5 individuos/m ² ; 2: 5-9 individuos/m ² ; 3: más de 10 individuos/m ² ; 4: (2) o (3) individuos/m ² inmediatamente	1	1
EBAs		2,0	1,7

observados con facilidad (Tabla 6). Para determinar el indicativo se emplea la expresión siguiente: $EBAs = \sum [As_1 + As_2 + As_3 + As_4 + As_5 + As_6 + As_7 + As_8 + As_9 + As_{10} + 2As_{11} + As_{12} + 2As_{13} + As_{14}] / 16$.

El proceso de diagnóstico se realiza mediante visitas directas e intercambio con el agricultor en el propio SPA. La captura de los datos primarios en algunos casos se utiliza el año actual (12 meses atrás), comparado con años anteriores o de los últimos 1-3 años, según se especifica en el indicador que se evalúa. Se confeccionan formularios, de forma tal que la información se capte y conserve con calidad, así como la guía de indicadores y la escala de evaluación.

Al concluir el proceso de diagnóstico, se determina el Coeficiente de Manejo de la Biodiversidad (CMB) del sistema de producción, mediante la expresión siguiente: $CMB = \sum [DMBPr + MCS + MCA + MISRPr + DMBAu + EBAs] / 6$. Finalmente se puede clasificar el sistema respecto al nivel de complejidad alcanzado por los diseños y manejos de los elementos de la biodiversidad (Tabla 7)

Para demostrar la utilización de la metodología, se ofrecen resultados del diagnóstico de dos fincas cercanas

Tabla 7. Determinación del nivel de complejidad de la biodiversidad durante la reconversión del SPA (modificada de Vázquez y Matienzo 2006).

CMB	Grado de complejidad de la biodiversidad
0,1-1,0	Simplificado (s)
1,1-2,0	Poco complejo (pc)
2,1-3,0	Medianamente complejo (mc)
3,1-3,5	Complejo (c)
3,6-4,0	Altamente complejo (ac)

(150 m de distancia), ubicadas en la localidad de Ciego de Ávila. Se contrastan la finca "La Provechosa" declarada como "en transición agroecológica" y la finca "La Trocha", que se considera "convencional", de 11,0 y 12,3 hectáreas respectivamente, ambas cultivan principalmente hortalizas, raíces, tubérculos, granos y frutos menores, aunque integran otros rubros con diferentes propósitos.

Resultados y discusión

Los resultados del diagnóstico de los diseños y manejos de los elementos de la biodiversidad productiva

(Tabla 1), mostraron un coeficiente mayor para la finca "La Provechosa" (2,2); en la finca "La Trocha" este fue inferior (0,6), resultados que se deben principalmente a que en la primera finca se ha logrado avanzar en la integración y diversificación de rubros productivos, así como se logra una alta superficie en diseños mediante policultivos, además de que este agricultor participa en el programa de Fitomejoramiento Participativo, específicamente en el cultivo del frijol, del cual atesora más de 60 cultivares; en cambio, la finca "La Trocha" se especializa en el cultivo del tomate y otros, mediante siembras en campos convencionales.

Estos resultados ratifican la importancia de la integración de diferentes tipos de rubros productivos, no solamente animal, sino forestal, flores, ornamentales, entre otros; también la diversificación de cada tipo de rubro productivo que se integra en el sistema, para contribuir a una mayor diversidad genética y estructural de la biota productiva (Vázquez *et al.* 2012).

Una connotación fundamental de la biodiversidad productiva resulta al considerar que todos los agroecosistemas son dinámicos y están sujetos a diferentes tipos de manejo, por tanto, los arreglos de cultivos en el tiempo y el espacio están cambiando continuamente, de acuerdo con los factores biológicos, socioeconómicos y ambientales y tales variaciones en el paisaje determinan el grado de heterogeneidad característica de cada región agrícola, la que a la vez condiciona el tipo de biodiversidad presente y la cual puede o no beneficiar los cultivos (Altieri y Nicholls 2007a).

Resultó muy elevado el nivel de manejo y conservación del suelo que se practica en "La Provechosa" (3,9), principalmente por la adopción de las prácticas siguientes: disponer de un sistema de rotación holístico, que considera diferentes propósitos (suelo, arvenses, plagas, enfermedades), incluyendo la rotación con abonos verdes; utilizar más de tres tipos de fuentes de materia orgánica, de la cual produce lombricompost, e incorpora en más del 75 % de la superficie cultivada, además de practicar el laboreo mínimo y utilizar implementos de labranza de conservación.

Estos resultados (Tabla 2) contrastan con la finca "La Trocha" (1,5), que no tiene un sistema de rotación de cultivos diseñado, rota menos del 25 % de la superficie y emplea abonos orgánicos en menos del 50 % de la superficie, observándose que este agricultor ha adoptado algunas prácticas agroecológicas en el manejo del suelo, debido a la influencia de agricultores vecinos y por la asesoría de los técnicos locales.

Respecto al manejo y conservación del agua, las fincas "La Provechosa" y "La Trocha" están bastante cercanas (2,7 y 2,4 respectivamente), principalmente respecto a la superficie bajo riego; pero constituyen una evidencia de que aún no se logra un manejo que favorezca su conservación como recurso natural (Tabla 3).

La evaluación de las prácticas de conservación y manejo del agua requiere de indicadores más detallados,

sea mediante estudios específicos o sistematizando experiencias de campesinos u otros agricultores, ya que esta tiene múltiples efectos sobre la biodiversidad en el sistema de producción; como por ejemplo, según Vázquez (2004) es esencial para la actividad de los reguladores naturales, a la vez que tiene efectos sobre los organismos nocivos a las plantas, sea por la humedad relativa que influye en su desarrollo, por los excesos que se acumulan en el suelo o la capacidad de esta para dispersar organismos nocivos.

Las intervenciones con productos para el control de organismos nocivos a las plantas y los animales en los dos SPA evaluados, muestran resultados muy similares (Tabla 4), excepto que en la finca "La Provechosa" se ha reducido el número de intervenciones y la finca "La Trocha" utiliza insumos externos solamente; en ambas fincas aún no se logra un buen nivel de manejo de las intervenciones sanitarias, debido a que aún predomina el enfoque del producto y los sistemas no logran la capacidad de autorregulación necesaria.

La estrategia de manejo de intervenciones con productos sanitarios durante la reconversión, consiste en optimizar paulatinamente el uso de los productos químicos degradativos, hasta dejar de utilizarlos, para lo cual es necesario adoptar sistemas de monitoreo para decisiones, así como integrar alternativas biológicas, hasta que las poblaciones de organismos nocivos se reduzcan a niveles tolerables económicamente, lo que se considera una práctica de conservación de la biodiversidad.

Existen diferentes formas de evaluar la optimización de intervenciones en los agroecosistemas, como por ejemplo la disminución de la carga tóxica; sin embargo, son muy útiles los indicadores relacionados con el sistema de decisiones, la reducción del número de aplicaciones o tratamientos, el nivel e integración de productos biológicos y, de estos, los que son obtenidos en el propio sistema.

El diagnóstico de la biota auxiliar (Tabla 5) muestran un manejo superior en la finca "La Provechosa" (2,0), en contraste con la finca "La Trocha" (0,9), ya que la primera mantiene una tendencia hacia la integración de este componente funcional, como se evidencia en los argumentos que expone el agricultor respecto a la importancia que atribuye a las barreras vivas entre campos de cultivos, así como los corredores ecológicos internos, en lo cual manifiesta aún no ha terminado de fomentar, lo cual expone ha adoptado por recomendaciones de especialistas en suelo y sanidad vegetal que lo han visitado.

Los diseños y manejos de la vegetación auxiliar pueden contribuir a múltiples funciones (Vázquez *et al.* 2012), como por ejemplo la cerca viva perimetral, que mediante su diseño agroecológico puede lograrse entre 10-15 funciones (Vázquez 2011).

Estos resultados evidencian que es posible, mediante indicadores sencillos, realizar un diagnóstico de la com-

plejidad de los diseños y manejos de la vegetación auxiliar en el SPA, para lo cual se pueden generar nuevos indicadores para lograr mayor precisión.

Respecto a la biodiversidad asociada, sea con interacciones negativas (fitófagos, parásitos y patógenos) o positivas (polinizadores, reguladores naturales), ambas fincas evaluadas muestran resultados muy similares (Tabla 6), evidencia de que aun el diseño y manejo que se realiza en el SPA no contribuye a su autorregulación, además de las influencias negativas de las fincas cercanas.

Generalmente el diagnóstico de los elementos de la biodiversidad asociada requiere del apoyo en técnicas específicas para los diferentes grupos taxonómicos; sin embargo, la diversidad y población o intensidad con que se manifiestan algunos elementos, pueden servir como referencia, sobre todo los que son organismos nocivos, sus reguladores naturales y la macrofauna del suelo, que pueden considerarse como representativos por su nivel de interacción con los rubros productivos.

Como resultado del diagnóstico realizado, la finca "La Provechosa" obtuvo un Coeficiente de Manejo de la Biodiversidad (CMB) de 2,35 y la finca "La Trocha" de 1,3; fueron clasificadas respecto a los diseños y manejos de la biodiversidad como "Medianamente Compleja" y "Simplificada" respectivamente (Fig. 1).

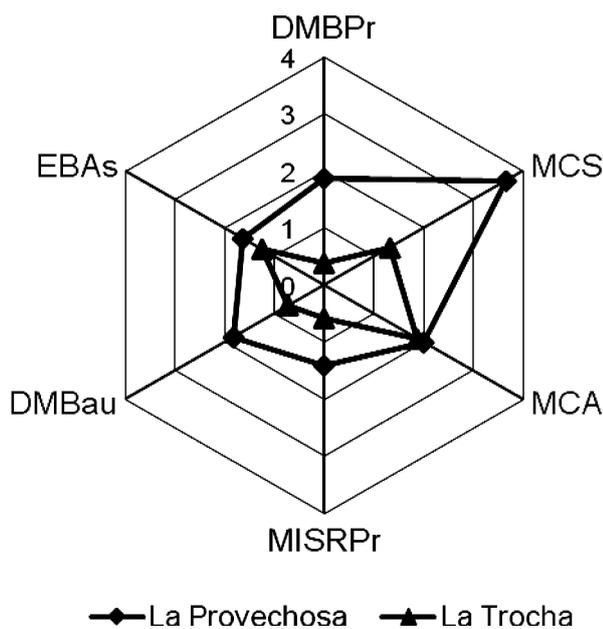


Figura 1. Resultados del diagnóstico de los componentes de diseño y manejo de los elementos de la biodiversidad en las fincas "La Provechosa" y "La Trocha" en Ciego de Ávila, 2013.

La evaluación de los diseños y manejos de la biodiversidad en SPA, no solamente constituyen una herramienta para el seguimiento del avance en la transición hacia la sostenibilidad, sino que permiten determinar la capacidad de respuesta ante eventos extremos del cambio climático (Altieri 2013), como es el caso de las lluvias intensas, los ciclones tropicales y la sequía (Vázquez 2013).

En Cuba, que desde 2009 se realiza un Programa de Agricultura Suburbana, que se propone lograr un mosaico de fincas agroecológicas en los alrededores de las ciudades, las que provienen de sistemas convencionales, campesinos y nuevos usufructuarios, con el propósito de garantizar un flujo constante de alimentos frescos e inocuos al mercado local (Rodríguez 2011), esta metodología es una contribución a la planificación y ejecución del rediseño de las fincas.

El enfoque integral de la biodiversidad utilizado en la presente metodología, tiene una gran coincidencia con lo expuesto por Brookfield y Stocking (1999), quienes agruparon la agrodiversidad en los componentes siguientes: "diversidad biofísica" (elementos de la biodiversidad natural y los procesos ecológicos que suceden en el sistema, incluyendo el suelo, bajo los efectos del clima), "diversidad manejada" (manejo del suelo, el agua y la biota para la producción agropecuaria, incluyendo las intervenciones con insumos externos), "agrobiodiversidad" (manejo y uso de especies biológicas, incluyendo cultivos y animales con diferentes propósitos y valores para las personas), "diversidad organizacional" (aspectos socioeconómicos que son característicos del agricultor y la región).

El énfasis debe estar en el diseño de sistemas agrícolas complejos, en los que las interacciones ecológicas y la sinergia entre los componentes biológicos, reemplazan a los insumos para proporcionar los mecanismos necesarios para el mantenimiento de la fertilidad del suelo, la productividad y la protección de los cultivos (Altieri 1995).

Es decir, en todo agroecosistema se presentan un conjunto de interacciones entre los elementos de la biodiversidad que lo componen, estas relaciones determinan en gran medida la salud del sistema (Altieri y Nicholls 2000). Entre las interacciones mejor estudiadas se encuentran las de competencia, los mutualismos y las de explotación; sin embargo, el conjunto total de interacciones es mayor y configura su arquitectura, la que está conformada básicamente por dos componentes: (i) los elementos presentes en el sistema (bióticos y abióticos), (ii) las interacciones entre estos elementos (Griffon 2008).

La evaluación de la transición hacia la agricultura sostenible y la capacidad de adaptación al cambio climático son temas que se abordan con mucho interés (Altieri 2013, Altieri y Nicholls 2007b, Astier *et al.* 2008, Funes-Monzote 2009, Kumaraswamy 2012, Nicholls y Altieri 2012, Sarandón y Flores 2009), debido a la necesidad de disponer de información sobre la marcha del proceso, como base para la planificación de diferentes acciones a escala predial y local, para lo cual se recomienda la presente metodología, misma que puede ser utilizada en procesos de aprendizaje, estudios científicos y gestión de sistemas agrarios.

Agradecimientos

Se agradece la colaboración prestada por los especialistas de sanidad vegetal MSc. Raul Mur y MSc. Regla

Granda, así como a los agricultores Ing. Ariel González e Ing. Miguel Díaz, por su colaboración en la evaluación de ambas fincas en la provincia de Ciego de Ávila.

Referencias

- Altieri MA. 1995. *Agroecology: the science of sustainable agriculture*. Westview Press, Boulder.
- Altieri MA. 2009. Determinando la capacidad de adaptación y sostenibilidad de los sistemas productivos frente al cambio climático en el marco de la Red de Servicios Ambientales del PMII. Informe de visitas de campo y de talleres realizados en Costa Rica y Nicaragua. Informe para ACICAFOC. Costa Rica.
- Altieri MA. 2013. Construyendo resiliencia socio-ecológica en agroecosistemas: algunas consideraciones conceptuales y metodológicas. En *Agroecología y resiliencia socioecológica: adaptándose al cambio climático* (Nicholls CI, Ríos LA, Altieri MA, eds). Proyecto REDAGRES. Medellín, Colombia. 94-104 pp.
- Altieri MA, Nicholls CI. 2000. Applying agroecological concepts to development of ecological based pest management systems. En *Proc. Workshop Professional Societies and Ecological based pest management systems*. National Research Council, Washington DC, 14-19 pp.
- Altieri MA, Nicholls CI. 2007a. Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas. *Perspectivas agroecológicas* No. 2. Junta de Andalucía. Barcelona: Icaria.
- Altieri MA, Nicholls CI. 2007b. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. *Ecosistemas* 16 (1): 3-12.
- Altieri MA, Funes-Monzote F, Henao A, Nicholls CI, León T, Vázquez LL, Zuluaga G. 2012. Hacia una metodología para la identificación, diagnóstico y sistematización de sistemas agrícolas resilientes a eventos climáticos extremos. REDAGRES (Red Iberoamericana de Agroecología para el desarrollo de sistemas agrícolas resilientes al cambio climático). 18p. <http://www.redagres.org>
- Astier M, Masera OR, Galván-Miyoshi Y. 2008. Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional. Valencia, España.
- Brookfield H, Stocking M. 1999. Agrodiversity: definition, description and design. *Global Environmental Change* 9: 77-80.
- Dellepiane AV, Sarandón S. 2008. Evaluación de la sustentabilidad en fincas orgánicas, en la zona hortícola La Plata, Argentina. *Revista Brasileira de Agroecologia* 3 (3): 67-78.
- Funes-Monzote, FR. 2009. Agricultura con futuro: La alternativa agroecológica para Cuba. EEPF "Indio Hatuey", Matanzas.
- Funes-Monzote F, Marquez M, López Y. 2013. Innovación agroecológica, adaptación y mitigación del cambio climático en Cuba. Dos estudios de caso. En *Agroecología y resiliencia socioecológica: adaptándose al cambio climático* (Nicholls CI, Ríos LA, Altieri MA, eds). Proyecto REDAGRES. Medellín, Colombia. 30-42 pp.
- Gliessmam SR. 2001. *Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sustentable*. 2da. ed. UFRGS.
- Griffon D. 2008. Estimación de la biodiversidad en agroecología. *Agroecología* 3: 25-31.
- Holt-Gimenez E. 2002. Measuring farmers' agroecological resistance after Hurricane Mitch in Nicaragua: a case study in participatory, sustainable land management impact monitoring. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 93: 87-105.
- Kumaraswamy S. 2012. Sustainability issues in agroecology: Socio-ecological perspective. *Agricultural Sciences* 3 (2): 153-169.
- León ST. 2010. Agroecología: desafíos de una ciencia ambiental en construcción. En: *Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones* (León, T, Altieri MA, eds.). Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología. Universidad Nacional de Colombia, 53-77 pp.
- Leyva A, Lores A. 2012. Nuevos índices para evaluar la agrobiodiversidad. *Agroecología* 7: 109-115.
- Leyva A, Pohlan J. 2005. *Agroecología en el trópico: ejemplos de Cuba. La biodiversidad vegetal, cómo conservarla y multiplicarla*. Aacher: Shaker Verlag.
- Machín B, Roque AD, Ávila DR, Rosset PM. 2010. Revolución agroecológica: el Movimiento de Campesino a Campesino de la ANAP en Cuba. Cuando el campesino ve, hace fe. La Habana: ANAP- Vía Campesina.
- McNeely JA, Miller KR, Reid WV, Mittermeier RA, Werner TB. 1990. *Conserving the world's biological diversity*. International Union for Conservation of Nature and Nature Resources. WRI, Consv. Intl., World Wildlife Funders, World Bank, Washington DC.
- Nicholls CI, Altier MAi. 2012. Modelos ecológicos y resilientes de producción agrícola para el siglo XXI. *Agroecología* 6: 28-37.
- Odum EP, Sarmiento FO. 1998. *La Ecología: el puente entre ciencia y sociedad*. México DF: McGraw Hill Interamericana de México.
- Rodríguez A. 2011. Generalidades sobre la agricultura suburbana. En: *Manual para la adopción del manejo agroecológico de plagas en la agricultura suburbana*. La Habana: INISAV-INIFAT- IPGRI, 13-24 pp.
- Rogé, P. y M. Astier. 2013. Previniéndose para el cambio climático: una metodología participativa. En

- Agroecología y resiliencia socioecológica: adaptándose al cambio climático (Nicholls CI, Ríos LA, Altieri MA, eds). Proyecto REDAGRES. Medellín, Colombia, 124-148 pp.
- Sarandón S, Flores CC. 2009. Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica. *Agroecología* 4: 19-28.
- Tilman, D.; C. L. Lehman; C. E. Bristow. 1998. Diversity-stability relationships: statistical inevitability or ecological consequence. *American Naturalist*, 151: 264-276.
- Vázquez LL. 2004. Manejo agroecológico de la finca. La Habana: Entre Pueblos-ACTAF.
- Vázquez LL. 2011. La cerca viva perimetral de la finca como práctica agroecológica en el manejo de plagas. En *Manual para la adopción del manejo agroecológico de plagas en fincas de la agricultura suburbana*. Vol I. La Habana: INISAV-INIFAT, 69-83 pp.
- Vázquez LL. 2013. Resiliencia de fincas ante afectaciones por organismos nocivos en sistemas agrícolas expuestos a sequía y ciclones tropicales. En *Agroecología y resiliencia socioecológica: adaptándose al cambio climático* (Nicholls CI, Ríos LA, Altieri MA, eds). Proyecto REDAGRES. Medellín, Colombia, 77-93 pp.
- Vázquez LL, Alfonso J. 2013. Sistema Biofincas. Proceso participativo de diagnóstico, aprendizaje e innovación para el diseño y manejo agroecológico de la biodiversidad en sistemas de producción agropecuaria. *Biodiversidad en América Latina*. <http://www.biodiversidadla.org/>.
- Vázquez LL, Matienzo Y. 2006. Caracterización rápida de la diversidad biológica en los sistemas de producción agrícola, como base para el manejo agroecológico de plagas. En: IV curso-taller nacional del programa para la adopción de la lucha biológica y otras prácticas agroecológicas por el agricultor. Trinidad, Sancti Spiritus.
- Vázquez LL, Matienzo Y, Griffon D. 2011. Diagnóstico participativo de la biodiversidad en fincas en transición agroecológica. En *Simposio Agroecosistemas y biodiversidad: taxonomía y manejo*. III Congreso Latinoamericano de Agroecología. Oaxtepec, Morelos, México.
- Vázquez LL, Matienzo Y, Alfonso J, Veitía M, Paredes E, Fernández E. 2012. Contribución al diseño agroecológico de sistemas de producción urbanos y suburbanos para favorecer procesos ecológicos. *Revista Agricultura Organica (La Habana)* 18 (3): 14-18.
- Zuluaga GP, Ruiz AL, Martínez EC. 2013. Percepciones sobre cambio climático y estrategias adaptativas de agricultores agroecológicos del municipio Marinilla, Colombia. En *Agroecología y resiliencia socioecológica: adaptándose al cambio climático* (Nicholls CI, Ríos LA, Altieri MA, eds). Proyecto REDAGRES. Medellín, Colombia, 43-59 pp.