

# PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DEL PROCESO DE RECONVERSIÓN AGROECOLÓGICA

**Luis L. Vázquez<sup>1</sup>, Hortensia Martínez<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV), La Habana, Cuba; <sup>2</sup>Finca "La China", La Lisa, La Habana, Cuba.

E-mail: llvazquezmoreno@yahoo.es.

## Resumen

La producción agropecuaria se realiza bajo la influencia de diversos factores de estrés y en particular el proceso de reconversión agroecológica parte del estado en que se encuentra el sistema de producción y la capacidad de autogestión del capital humano, para decidir y actuar sobre su rediseño y manejo, todo lo cual requiere disponer de herramientas metodológicas que faciliten el seguimiento y las decisiones paulatinas por parte de los agricultores y sus organizaciones.

Diversos proyectos de innovación, que tienen el propósito de contribuir a la transición de fincas hacia la sostenibilidad, la resiliencia a eventos externos y la soberanía local, entre otros, necesitan disponer de una línea base, planificar el rediseño y manejo, así como evaluar los cambios, todo lo cual requiere de métodos rápidos, sensibles y factibles de aplicar con el mínimo de recursos.

La metodología que se ofrece, propone como componentes del proceso de reconversión agroecológica los siguientes: capital humano, capacidad de autogestión, calidad del agroecosistema y transformabilidad. Para cada uno se definieron indicadores, variables y criterios para su medición, así como los índices compuestos para valorizarlos, que se pueden ajustar (contextualizar) de acuerdo a las condiciones particulares de cada territorio, para obtener un Coeficiente de Reconversión Agroecológica (CRA) del sistema de producción. La misma es el resultado de un proceso de innovación realizado durante los años 2012-2015 en la provincia de La Habana, Cuba.

En el caso estudiado, finca "La China", que fue creada en 2009, la valorización obtenida por los componentes fue la siguiente: capital humano (0,62), capacidad de autogestión (0,63), calidad del agroecosistema (0,74) y transformabilidad (0,44), para finalmente obtener un CRA de 0,61, resultados que evidencian que dicho sistema está en condiciones para seguir avanzando en el proceso de reconversión agroecológica.

**Palabras claves:** Reconversión agroecológica, transición, indicadores, agroecología.

## Summary

### Methodological proposal to the evaluation of the agroecological conversion process

The process of agroecological conversion starts from the state in which the production system is, and the capacity of the human capital available to act in directing the redesign and management of the farm. This requires the existence of methodological tools that facilitate the monitoring and the decisions that farmers must take during the transition.

Most innovation projects that aim at transitioning farms towards sustainability, resilience and sovereignty need to define a starting point from which to plan the redesign and management, and then evaluate the changes that happen during the conversion, requiring rapid, sensitive and easy to use methods. Herein we propose a methodology that evaluates the following components involved in the agroecological conversion: human capital, management capacity, agroecosystem quality and transformability. A set of criteria, variable and indicators was developed for each component, which contextualized for each territory, can lead to obtaining the Coefficient of Agroecological Conversion (CRA). As a case study, the methodology was applied between 2012-2015 in the farm "La China" in Havana Province, Cuba. Values obtained for each component were: human capital (0,62), management capacity (0,63), agroecosystem quality (0,74) and transformability (0.44) indicating that the farm is in condition to advance in its agroecological conversion process.

**Key words:** Agroecology, agroecological conversion, indicators, Cuba.

## INTRODUCCIÓN

La transición agroecológica es un proceso de transformación de los sistemas convencionales de producción, hacia sistemas de base agroecológica, que comprende no solo elementos técnicos, productivos y ecológicos, sino también aspectos socioculturales y económicos del agricultor, su familia y su comunidad (Marasas *et al.* 2012); por tanto, debe entenderse como un proceso multilíneal del cambio que ocurre a través del tiempo (Caporal y Costabeber 2004).

Los sistemas de producción agropecuaria convencionales, explotan una o varias especies de plantas o animales en sistemas de cultivo y ganadería especializados y de grandes extensiones, con la utilización de tecnologías con predominio de mecanización e insumos químicos, que causan externalidades negativas; en cambio, los sostenibles con base agroecológica, integran diversidad de especies de cultivos, animales y árboles, mediante diseños complejos, en campos de diferentes dimensiones, para favorecer multifunciones que reducen prácticas degradativas e insumos externos, así como aumentan servicios ecológicos (Vázquez 2015).

La agroecología estudia el agroecosistema como un todo (holísticamente) y se considera a este como un sistema complejo (Griffon 2008a), lográndose un acercamiento integral a los procesos que se dan en el mismo y de esta manera, superar la aproximación simplista de la agricultura convencional (Altieri y Nicholls 2000a).

Son diversos los avances científicos existentes para la evaluación y análisis sistémico de los sistemas de producción, principalmente los estudios de sostenibilidad (Astier *et al.* 2008, Dellepiane y Sarandón 2008), de biodiversidad (Funes-Monzote 2009, Griffon 2008b, 2009, Leyva y Loes 2012, León 2010, Vázquez 2013, Vázquez *et al.* 2014), de eficiencia (Funes-Monzote 2009), entre otros como las cadenas de valores (Donovan y Stoian 2012), cuyas herramientas metodológicas permiten realizar una nueva mirada muy diferente a los criterios convencionales del productivismo.

Bajo esta perspectiva se ha considerado el sistema de producción como el nivel en el cual se realizan las acciones de mayor importancia en procesos de reconversión y que, según Etter (1993), tradicionalmente el concepto de sistema de producción se ha mantenido en un nivel abstracto, desligado de su contenido real, lo cual ha impedido su adecuada comprensión y su aplicación para el análisis de la dimensión ecosistémica de la realidad. Gliessman (2001) argumenta que la conversión de un sistema convencional a otro sostenible necesita de un enfoque agroecológico, en que la unidad de producción se percibe como parte de un sistema más grande de partes interactuantes, todo un agroecosistema, por lo que debemos enfocarnos en rediseñar ese sistema con el objetivo de promover un amplio rango de diferentes procesos ecológicos y socioeconómicos.

Uno de los motivos por los que muchos agricultores realizan una conversión desde un sistema de monocultivo manejado con insumos agroquímicos, a un sistema más diversificado, es lograr una producción de calidad y estable, poco dependiente de insumos extremos, con el objetivo de disminuir los costos de producción, y a la vez conservar recursos naturales de la finca tales como suelo, agua y agrobiodiversidad (Altieri 1995).

Precisamente, la importancia de la biodiversidad para los sistemas agrícolas radica en el freno de la homogeneización y simplificación de los agroecosistemas, aportando mayor resistencia a las perturbaciones, menor vulnerabilidad a enfermedades y plagas y beneficios tales como la prevención de la erosión del suelo (Altieri 1999), a través de cubiertas vegetales o la adaptabilidad a condiciones ambientales imprevistas debido a la heterogeneidad y diversidad genética.

El diseño de agroecosistemas bajo principios ecológicos conjuga ambas diversidades, natural y cultural, con el propósito de fomentar un equilibrio dinámico y una estabilidad en los sistemas, es decir, una sostenibilidad que emerge como cualidad sinérgica del enfoque de ecosistema hacia la agricultura (Gliessman 2001).

Por ello, una estrategia clave en agroecología es explotar la complementariedad y sinergia que derivan de las diferentes combinaciones de cultivos, árboles y animales en agroecosistemas, que se rigen por arreglos espaciales y temporales, tales como policultivos, sistemas agroforestales y mezclas cultivo-ganadería (Altieri y Nicholls 2000b).

Introducir como criterio las funciones que realizan las especies productivas integradas en los diseños agroecológicos de sistemas de cultivo, así como las que se logren como resultado de las interacciones del diseño y manejo temporal y espacial de estos (Vázquez *et al.* 2015), refuerza la hipótesis de que la biodiversidad puede ser descrita en términos de número, abundancia, composición y distribución espacial de sus entidades (genotipos, especies, o comunidades dentro de los ecosistemas), caracteres funcionales, así como las interacciones entre sus componentes (Hooper *et al.* 2005) y existe pleno consenso científico y social referente a la importancia de la biodiversidad para el funcionamiento, el mantenimiento y la estabilidad de los ecosistemas (Gliessman 2001).

La producción agropecuaria se realiza bajo la influencia de diversos factores de estrés y en particular la reconversión agroecológica parte del estado en que se encuentra el sistema de producción, las características de su capital humano y las capacidades creadas, para decidir sobre su rediseño y manejo, todo lo cual requiere disponer de herramientas metodológicas rápidas, sensibles y factibles de aplicar con el mínimo de recursos, que faciliten el seguimiento por parte de los técnicos y agricultores, para planificar y evaluar los cambios periódicamente. La propuesta metodológica que

se ofrece en el presente artículo tiene precisamente estos propósitos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La presente metodología es resultado del proyecto "BioFincas: Generar diseños y manejos de cultivos y la vegetación auxiliar para incrementar las interacciones benéficas de la biodiversidad funcional" (Vázquez y Alfonso 2013), financiado por el Programa de Alimento Humano, que se realizó durante 2012-2015 mediante un proceso de innovación en fincas de los municipios Habana del Este, Arroyo Naranjo, La Lisa y Cotorro, en la provincia La Habana, Cuba.

Para definir los indicadores se consideraron como criterios principales las características del capital humano y las capacidades necesarias para la reconversión agroecológica, el estado o calidad del agroecosistema y las funciones que deben ser logradas en el diseño y manejo del sistema de producción (Vázquez 2013, 2014, Vázquez *et al.* 2012) para favorecer la manifestación de los principios de la agroecología (Altieri 1995). Para cada indicador se seleccionaron variables de mayor contribución bajo las condiciones locales actuales donde se generó la metodología, de manera que el seguimiento del proceso permitiera evaluar la transformación que se logra.

Se han adoptado como ecuaciones los índices compuestos (Schuschny y Soto 2009), por ser más sencillos para determinar los indicadores, cuyas variables y criterios de evaluación pueden ser ajustados a las condiciones particulares de un territorio, otorgándole flexibilidad a la metodología (Sarandón y Flores 2009, Vázquez 2013) y de esta manera se pueden eliminar variables que no se ajusten al territorio o incorporar otras, siempre que se considere en las respectivas ecuaciones; estas últimas se exponen a continuación y se detallan en cada uno de los indicadores en que se utilizan, a saber:

- Variables ponderadas. Se asume una escala ordinal (Mora-Delgado *et al.* 2011), donde cada variable se pondera con valores que son fracciones de la unidad, partiendo del mínimo factor de ponderación (0,2) como el menor nivel alcanzado, hasta el mayor nivel (1). Ejemplo:  $CH_2 = [\sum PRI (0,2) + PRC (0,3) + SBI (0,4) + SBC (0,5) + PRUI (0,6) + PRUC (0,7) + TM (0,8) + UN] / N$ , donde se multiplica el número de trabajadores con cada grado alcanzado por el valor de ponderación, posteriormente se realiza una sumatoria y al final se divide por N, que es el total de personas, que en otros indicadores son especies de cultivos u otros elementos evaluados. A los efectos de la presente metodología, este tipo de ecuación se utiliza para evaluar indicadores cuyas variables se ponderan en escala progresiva de acuerdo a su importancia para la reconversión

agroecológica, como son: grado de escolaridad del capital humano, equidad de género, cobertura del suelo y agrobiodiversidad.

- Sumatoria de variables según valor de la escala. Se emplea una escala de cuatro grados para evaluar el nivel alcanzado (Vázquez *et al.* 2015), de esta forma todas las variables pueden ser evaluadas en una escala progresiva, en que el valor (0) significa que no se realiza, tiene un enfoque convencional o está en muy bajo nivel de aplicación, el valor mínimo (1) es el que muestra el inicio de la transformación o la adopción de la agroecología, mientras que el valor máximo (4) es el óptimo deseado, según los propósitos de la reconversión para un momento y contexto específico. Cada variable se evalúa según la escala específica del indicador. Para determinar el indicador se utiliza la expresión siguiente:  $\sum [(1 * n) + (2 * n) + (3 * n) + (4 * n)] / N (4)$ , donde 1, 2, 3, 4 son los valores de la escala antes expuesta, n es el número de variables con cada valor de la escala; N es el total de variables del indicador y 4 es el valor máximo de la escala. Esta ecuación se utiliza para indicadores cuyas variables se aplican a campos, cuarterones, tramos de cercas vivas u otras estructuras diferentes, así como para capacidades que se miden en porcentaje de aplicación.
- Ecuaciones simples. Se emplea una ecuación simple (Vázquez 2013) que otorga el valor a cada variable mediante una escala de cuatro grados; posteriormente se realiza una sumatoria y se determina el valor medio. Ejemplo:  $CH_4 = \sum [CE + AS + OS + S + DB] / N$ , donde N es el producto de la multiplicación del número de variables (en este caso 5) por el valor máximo de la escala (4), en este caso 20. Este tipo de ecuación se utiliza para indicadores sencillos y para valorizar los componentes.

Para evaluar las variables se utilizan escalas relativas y ponderaciones (Sarandón y Flores 2009), todo lo cual permite utilizarla tanto para datos absolutos como cualitativos, característica que facilita su utilización en la producción agropecuaria, donde normalmente no se dispone de informaciones registradas, acceso a servicios analíticos, o estudios locales que ofrezcan valores de referencia (Vázquez 2013).

Una vez determinados los indicadores, los resultados se utilizan para valorizar cada uno de los componentes y al final determinar el Coeficiente de Reconversión Agroecológica (CRA), un índice general que permite valorizar el proceso en un sistema de producción y se emplea la expresión siguiente:  $CRA = \sum [VCH + VCAG + VCA + CTR] / 4$ .

Los resultados de la aplicación de la metodología, que se ofrecen en el presente artículo, corresponden a la finca "La China", ubicada en el municipio La Lisa, La Habana, Cuba. Fue creada en 2009 por el DL 259 de entrega

de tierras ociosas y desde entonces se han apropiado de la agroecología para la gestión de la finca. Actualmente posee 7,10 ha dedicada a la ganadería (ganado mayor y menor, aves de corral, cunicultura y porcicultura) y la agricultura (frutales, hortalizas, granos, raíces y tubérculos, forrajes). La finca está participando en el proyecto: "Diseño, implementación y diseminación de Sistemas Integrados de Ganadería Agroecológica en La Habana, liderado por la Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA), en el cual se está aplicando esta metodología.

## DEFINICIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA RECONVERSIÓN AGROECOLÓGICA

Durante el proceso de generación de los indicadores y sus variables, estos se agruparon en componentes que se relacionaran con la reconversión de sistemas de producción como proceso, sea indirectamente porque son características del capital humano y capacidades creadas, o directamente, porque caracterizan la calidad del agroecosistema, así como los diseños y manejos agroecológicos que se realizan, de manera que se pudiera visualizar la complejidad del mismo. Los componentes, sus indicadores, las variables, los criterios o escalas de evaluación y las ecuaciones utilizadas se ofrecen a continuación.

**Capital humano (CH).** Las personas o trabajadores que contribuyen directamente a la producción y en las actividades de apoyo interno: el agricultor o administrador, los miembros de la familia que participan, los obreros hijos y los contratados eventualmente. La capacidad y grado de pertenencia colectiva del capital humano, determinan el éxito del proceso y el acceso a oportunidades externas que beneficien la eficiencia de la reconversión del sistema de producción.

Percepción sobre los principios de la agroecología (CH<sub>1</sub>). La percepción cognitiva y conductual del colectivo de trabajadores sobre los principios de la agroecología, constituye un indicador que se evalúa colectivamente y permite determinar el nivel de apropiación de la agroecología, a la vez que contribuye a sensibilizarlos sobre su aplicabilidad en el proceso de reconversión agroecológica. En la medida que el valor obtenido sea mayor, habrá mejores posibilidades de que los trabajadores avancen en el proceso de transformación de dicho sistema, porque significa que ya han entendido y adoptado diseños y manejos agroecológicos.

Estos principios son (Altieri 1995, 2010): (1) aumentar el reciclaje de biomasa, con miras a optimizar la descomposición de materia orgánica y el ciclo de nutrientes a través del tiempo; (2) proveer las condiciones de suelo más favorables para el crecimiento vegetal, en particular mediante el manejo de la materia orgánica

y el mejoramiento de la actividad biológica del suelo; (3) fortalecer el sistema inmunológico de los sistemas agrícolas, mejorando la biodiversidad con funciones de regulación natural de organismos nocivos; (4) minimizar las pérdidas de energía, agua, nutrientes y recursos genéticos, mejorando la conservación y regeneración de suelos, recursos hídricos y la diversidad biológica agrícola; (5) diversificar las especies y recursos genéticos en el agroecosistema en el tiempo y el espacio a nivel de campo y paisaje; (6) aumentar las interacciones biológicas y las sinergias entre los componentes de la biodiversidad agrícola, promoviendo procesos y servicios ecológicos claves; (7) articular el sistema de producción a nivel local, para favorecer sinergias en servicios, insumos e innovaciones; (8) ofrecer diversidad de productos sanos e inoocuos a la población de manera continua, para contribuir a su seguridad y soberanía alimentaria; (9) aumentar la capacidad de resiliencia a eventos extremos externos; (10) contribuir a la soberanía tecnológica, energética y alimentaria.

Se facilita un ejercicio con la participación de todos los trabajadores del sistema de producción, mediante el procedimiento siguiente: (a) se listan los diseños y manejos agroecológicos que se realizan; (b) se identifican los principios que son beneficiados con cada uno de los diseños y manejos; (c) se determina el porcentaje de contribución de los diseños y manejos a cada uno de los principios, según la escala siguiente: 0-muy baja (contribuyen menos del 10 % de los diseños y manejos listados); 1-baja (entre 11-25 %); 2-media (26-50 %); 3-alta (51-75%); 4-muy alta (más de 75 %); (d) se determina el nivel de apropiación de los principios de la agroecología mediante la ecuación:  $CH_1 = \frac{\sum [(1 * n) + (2 * n) + (3 * n) + (4 * n)]}{N (4)}$ ; n es el número de principios que se benefician con cada valor de la escala; N es el total de principios y 4 es el valor máximo de la escala.

Grado de escolaridad (CH<sub>2</sub>). Es un valor integral de la escolaridad alcanzada por todos los trabajadores involucrados en el sistema de producción. A los efectos de la presente metodología, el grado de escolaridad del colectivo de trabajadores es fundamental para entender y realizar con calidad los diseños y manejos, así como las innovaciones que se requieren durante el proceso de reconversión.

Se puede caracterizar mediante las variables de grado de escolaridad alcanzada siguientes: primaria incompleta (PRI), primaria completa (PRC), secundaria básica incompleta (SBI), secundaria básica completa (SBC), preuniversitario incompleto (PRI), preuniversitario completo (PRC), técnico medio (TM), universitario (UN). Se confecciona un listado de los trabajadores y el último grado de escolaridad alcanzado por cada uno. Se utiliza la expresión siguiente:  $CH_2 = \frac{[\sum PRI (0,2) + PRC (0,3) + SBI (0,4) + SBC (0,5) + PRUI (0,6) + PRUC (0,7) + TM (0,8) + UN]}{N}$ , donde se multiplica el número de trabajadores



con cada grado alcanzado por el valor de ponderación, posteriormente se realiza una sumatoria y al final se divide por N, que es el total de trabajadores.

Equidad de género (CH<sub>3</sub>). Es la equidad en la participación de mujeres y hombres con diferentes responsabilidades. A los efectos de la presente metodología, valores medios significa que existe equidad de género y en las diferentes responsabilidades o actividades en que participan, mientras que valores cercanos a la unidad evidencian una mayor distribución de responsabilidades con equidad de género.

Del total de trabajadores, se realiza una valoración de la participación de mujeres y hombres, así como la designación de responsabilidades, para lo cual se consideran las variables siguientes: hombres obreros (HO), mujeres obreras (MO), hombres obreros y con responsabilidades en procesos productivos (HR), mujeres obreras y con responsabilidades en procesos productivos (MR), hombre administrador del sistema de producción (HA), mujer administradora del sistema de producción (MA). Se utiliza la expresión siguiente, que beneficia en la ponderación a la participación de la mujer:  $CH_3 = [\sum HO (0,2) + MO (0,3) + HR (0,4) + MR (0,5) + HA (0,6) + MA (0,7)]/N$ , donde se multiplica el número de trabajadores por el valor de ponderación, se realiza una sumatoria y el resultado se divide por N, que es el total de trabajadores.

Beneficios para los trabajadores (CH<sub>4</sub>). El bienestar durante la jornada laboral y otros beneficios que reciben los trabajadores, constituye un estímulo de importancia para aumentar su sentido de pertenencia, empoderarse en la solución de los problemas y contribuir en los éxitos productivos y el proceso de reconversión.

Se evalúa mediante las variables siguientes: condiciones de estancia (CE), acceso a servicios de salud (AS), oportunidades para la superación (OS), salario adecuado (S), distribución de beneficios (DB). Para cada una de estas variables se caracterizan los beneficios y se determina cual es el mínimo (aceptable) y óptimo (muy bueno) bajo las condiciones locales, ya que este indicador es muy contextual. Cada una de estas se evalúa según la escala siguiente: 1-aceptable; 2-mejorado; 3-en aumento; 4-muy bueno. La ecuación para determinar los beneficios de los trabajadores es:  $CH_4 = \sum [CE + AS + OS + S + DB]/20$ .

Participación en intercambios recíprocos (CH<sub>5</sub>). Las actividades participativas, organizadas dentro y fuera del sistema de producción, donde existe la oportunidad de aprender, intercambiar y sistematizar experiencias, todo lo cual resulta esencial para aumentar las capacidades necesarias para la reconversión agroecológica.

Se consideran necesarios los tipos de actividades siguientes: encuentros en fincas (EF), seminarios o talleres

organizados en el territorio (ST), cursos u otras actividades de capacitación que empleen métodos participativos (C), eventos técnicos en que los agricultores tengan la oportunidad de exponer sus experiencias y resultados (ET). Cada una de estas se evalúa según la escala siguiente, que considera el número de actividades y el porcentaje de participación: 1-una; 2-dos a tres; 3-(2) + entre el 20-40 % de los trabajadores; 4-(2) + más del 40 % de los trabajadores. La ecuación es la siguiente:  $CH_5 = \sum [EF + ST + C + ET]/16$ .

Acceso a servicios técnicos agropecuarios (CH<sub>6</sub>). Los diversos tipos de servicios técnicos agropecuarios que son recibidos de entidades externas al sistema de producción, sea en la propia localidad o en otro nivel. Se asume que estos servicios son necesarios en la creación de capacidades para la reconversión agroecológica.

Son considerados de importancia para la reconversión agroecológica los siguientes: suelos (S), riego y agua (RA), sanidad vegetal (SV), veterinaria (V), agrotecnia (AT), zootecnica (ZT). Cada uno de estos se evalúa de acuerdo al nivel de acceso, la frecuencia y su importancia: 1-se accede ocasional o irregularmente; 2-se accede sistemáticamente una vez al año; 3-se accede sistemáticamente más de una vez al año; 4- (2 o 3) + el servicio logra una contribución efectiva sobre el proceso de reconversión. Se emplea la expresión siguiente:  $CH_6 = \sum [S + RA + SV + V + AT + ZT]/24$ .

Participación en innovaciones (CH<sub>7</sub>). Los vínculos efectivos con centros de investigación, universidades, organizaciones que manejan proyectos, programa u otras, todo lo cual significa que de hecho esta vinculación facilita la creación de capacidades, la adopción de nuevas tecnologías, entre otros que favorecen la reconversión agroecológica.

Se pueden medir mediante las variables siguientes, siempre que las innovaciones que se consideren contribuyan a la eficiencia y la reconversión agroecológica: transferencia directa de nuevas tecnologías (TT), realización de experimentos en el sistema de producción (RE), participación directa en proyectos (PP), escenario del proyecto para sistematizar resultados y experiencias con otros agricultores (SR). Cada uno de estos se evalúa mediante una escala que considera la realización en el sistema de producción, su adopción y los beneficios: 1-se ha realizado anteriormente; 2- se realiza actualmente; 3- (2) + está contribuyendo a mejoras en los resultados del sistema de producción; 4- (3) + se genera continuidad de estos procesos. La ecuación para determinar la participación en innovaciones es la siguiente:  $CH_7 = \sum [TT + RE + PP + SR]/16$ .

Capacidad de gestión de financiamiento (CH<sub>8</sub>). Para lograr avanzar hacia la sostenibilidad se requiere acceder a diferentes fuentes de financiamiento y no de-

pender solamente de las ventas, por ello este indicador otorga mayor importancia a la diversidad de fuentes y la contribución de cada una.

A continuación, se definen las que potencialmente se consideran para una adecuada valoración de la capacidad de gestión, pero pueden ser incorporadas otras: venta al mercado (VM), venta a mercados especiales (VME), venta a la industria (VI), cobro de servicios ambientales (CSA), proyectos y programas (PR). Para realizar la evaluación, cada una de ellas es valorada aproximadamente y según el criterio del agricultor, respecto a su contribución a los ingresos totales: 1-baja; 2-media; 3- alta; 4- muy alta. Se determina mediante la ecuación siguiente:  $CH_8 = \sum [VM + VME + VI + CSA + PR]/20$ .

Valorización del capital humano (VCH). A partir de los resultados obtenidos en la evaluación de los indicadores, se valoriza el capital humano mediante la expresión siguiente:  $VCH = \sum [(CH_1) + (CH_2) + (CH_3) + (CH_4) + (CH_5) + (CH_6) + (CH_7) + (CH_8)]/8$ .

**Capacidad de Autogestión (CAG)**. Las capacidades existentes y las logradas durante el proceso de reconversión agroecológica, son fundamentales para aumentar la autosuficiencia en insumos y la estabilidad productiva.

Independencia de energía externa (CAG<sub>1</sub>). Es la capacidad de reducir la adquisición energía externa convencional, sea debido a sustitución por energía alternativa generada en el propio sistema o por aumento de la eficiencia en los procesos; esto significa que en la evaluación no se considera cuando la reducción del uso es por no designación, por escasez o por falta de dinero para adquirirla. Valores más cercanos a la unidad significan un menor consumo de energía externa. Los principales tipos que son adquiridos externamente son: electricidad (E), petróleo (P), gasolina (G), gas licuado (GL). Para cada tipo, evaluar según una escala relativa: 1-el consumo es aproximadamente igual al año anterior; 2-se ha reducido menos del 25 % en comparación con el consumo del año anterior; 3-se ha reducido más de 25 % en relación con el consumo del año anterior; 4-(3) + muestra tendencia a reducir su consumo en los últimos años. Se evalúa mediante la ecuación siguiente:  $CAG_1 = \sum [E + P + G + GL]/16$ .

Capacidad de autoabastecimiento en alimentos para los trabajadores y la familia (CAG<sub>2</sub>). Se refiere a los alimentos necesarios para los trabajadores durante la jornada laboral y los que se consumen por la familia del agricultor. En la medida que el resultado se acerque a la unidad, habrá mayor capacidad de autoabastecimiento por parte del sistema de producción. Se realiza una lista de alimentos que normalmente se necesitan o son consumidos, considerando las costumbres locales y de

estos el porcentaje que es obtenido en el sistema de producción. La capacidad de autoabastecimiento de cada alimento de la lista es evaluada mediante la escala siguiente: 1-solamente se logra obtener internamente hasta un 30% de la necesidad; 2-se logra obtener internamente entre 31-50 % de la necesidad; 3-se logra obtener internamente entre 51-75 % de la necesidad; 4-se obtiene internamente más del 75 % de la necesidad. Se evalúa mediante la ecuación siguiente:  $CAG_2 = \sum [(1*n) + (2 * n) + (3 * n) + (4 * n)]/4 (N)$ , donde: 1, 2, 3, 4, son los valores de las escalas; n es el número de alimentos con cada valor de la escala; N es el total de alimentos y 4 es el valor máximo de la escala.

Capacidad de autoabastecimiento en alimentos para los animales productivos y de labores (AG<sub>3</sub>). Se determina de la misma forma que el indicador anterior.

Capacidad de integración y obtención de insumos ecológicos para la nutrición de los cultivos y la mejora del suelo (CAG<sub>4</sub>). La diversidad y nivel de utilización de abonos orgánicos, biofertilizantes y otros insumos biológicos es fundamental en la reconversión, sean obtenidos externa e internamente, estos últimos de mayor importancia, no solamente por razones de eficiencia, sino de bioseguridad. Los insumos ecológicos que se consideran necesarios para el proceso de reconversión y que se pueden obtener en el propio sistema de producción son: estiércol descompuesto (ED), compost (C), lombricompost (LC), inoculantes micorrízicos (IM), microorganismos eficientes (ME), biofertilizantes y bioestimulantes artesanales (BF). La capacidad es evaluada mediante la escala siguiente: 1-los utiliza obtenidos externamente, pero en la localidad; 2-solamente se logra obtener internamente hasta un 30% de la necesidad; 3-se logra obtener internamente entre 31-50 % de la necesidad; 4-se logra obtener internamente más del 50 % de la necesidad. Se evalúa mediante la ecuación siguiente:  $CAG_4 = \sum [(1*n) + (2 * n) + (3 * n) + (4 * n)]/4 (N)$ , donde: 1, 2, 3, 4, son los valores de las escalas; n es el número de tipos de insumos con cada valor de la escala; N es el total de tipos de insumos y 4 es el valor máximo de la escala.

Capacidad de integración de bioproductos en la sanidad de cultivos y animales (CAG<sub>5</sub>). Se considera de mayor importancia la capacidad de integrar bioproductos y de obtener internamente algunos. Los tipos de bioproductos que pueden ser utilizados en sustitución de los productos químicos son: preparados botánicos (PB), bioplaguicidas microbiológicos (BM), artrópodos entomófagos (AE), medicamentos homeopáticos (MO), vacunas (V). Para determinar la capacidad de integración de insumos biológicos para la sanidad de cultivos y animales, se consideran el número de aplicaciones o tratamientos de productos químicos o sintéticos que son

sustituidas por los biológicos, del total que se realizan en todos los cultivos y animales, según la escala siguiente: 1-se sustituye hasta el 15 %; 2-se sustituye entre 16-30 %; 3- se sustituye más del 30 %; 4-(3) + uno o más de los tipos de insumos es obtenido en el propio sistema de producción. Se evalúa mediante la ecuación siguiente:  $CAG_5 = \frac{\sum [(1 * n) + (2 * n) + (3 * n) + (4 * n)]}{4 (N)}$ , donde 1, 2, 3, 4, son los valores de las escalas; n es el número de tipos de bioproductos con cada valor de la escala; N es el total de tipos de bioproductos y 4 es el valor máximo de la escala.

**Nivel de estabilidad productiva ( $CAG_6$ ).** La estabilidad productiva que logra el sistema de producción, que puede valorizarse mediante las variables siguientes: la diversidad de productos que se obtiene (DP), la frecuencia durante el año en que son ofertados (FO) y el volumen total de producción obtenida (PO). Se evalúa mediante una escala relativa con los criterios siguientes: 1- aproximadamente igual que años anteriores; 2-ligeramente superior a años anteriores (hasta 10 %); 3-superior a años anteriores (más de 10 %); 4-tendencia a incrementarse en los últimos años. Se determina mediante la ecuación siguiente:  $CAG_6 = \frac{\sum [DP + FO + PO]}{12}$ .

**Nivel de bioseguridad ( $CAG_7$ ).** El control y reducción de acceso de personas, animales y vehículos, el control y vigilancia del material de multiplicación vegetal y animal que entra al sistema de producción, así como las medidas preventivas y de vigilancia en los procesos de producción, las que son esenciales para la eficiencia. Puede ser evaluado mediante las variables siguientes: cercado perimetral (CP), punto de entrada (PE), desinfección en entrada (DE), acceso limitado a vehículos (ALV), acceso limitado a crías de animales (ALC), vigilancia de plagas en cultivos (VPC), vigilancia de plagas en animales (VPA), revisión en entrada de pie de crías (EPC), revisión en entrada de material de siembra (EMS). Cada variable se evalúa mediante los criterios siguientes: 1-se realiza ocasionalmente o muy ligeramente; 2-se realiza adecuadamente, siguiendo normas establecidas y con alcance medio a alto; 3- (2) + se realiza rigurosamente; 4- (3) + existen registros que evidencian un sistema bajo control estricto. Para determinar el índice se utiliza la expresión siguiente:  $CAG_7 = \frac{\sum [CP + PE + DE + ALV + ALC + VPC + VPA + EPC + EMS]}{36}$ .

**Infraestructura productiva ( $CAG_8$ ).** El estado de la infraestructura productiva, como capital físico, se considera un indicador básico sobre la capacidad del sistema de producción. Las variables más utilizadas para valorizarla son: La existencia y estado de la cerca perimetral (CP), puertas de entrada al sistema de producción (PE), caminos de acceso interno (CAI), sistemas de distribución de agua (DA), cercados internos (CI), corrales o cuartones de ganado mayor y menor (CG), jaulas o corrales de aves

(JA). Se evalúa mediante una escala con los criterios siguientes: 1-se dispone, pero no se encuentra en buen estado; 2-se dispone y se encuentra en buen estado; 3-(2) + no es suficiente; 4- (2) + es suficiente. Se determina mediante la ecuación siguiente:  $CAG_8 = \frac{\sum [CP + PE + CAI + DA + CI + CG + JA]}{28}$ .

**Medios de producción ( $CAG_9$ ).** También como capital físico se considera importante para la reconversión la existencia y estado de los medios de producción, principalmente los siguientes: La existencia de equipos de carga (EC), equipos de tracción (ET), animales de tracción (AT), maquinarias necesarias (MN), implementos necesarios (IN), herramientas necesarias (HN). Se evalúa mediante una escala similar al indicador anterior. Se determina mediante la ecuación siguiente:  $CAG_9 = \frac{\sum [EC + ET + AT + MN + IN + HN]}{24}$ .

**Infraestructura de apoyo ( $CAG_{10}$ ).** Normalmente el capital físico del sistema de producción dispone de determinadas instalaciones para apoyar los procesos productivos, las que son necesarias de acuerdo a sus características, los tipos de rubros productivos, el mercado, entre otros criterios. Estas pueden ser: almacenamiento de agua (AA), almacenamiento de insumos y materiales diversos (AIM), protección de equipos (PE), almacenamiento de las producciones (AP), área para mantenimiento de equipos e implementos (MEI), beneficio primario (BP). Se evalúa mediante una escala similar al indicador anterior. Se determina mediante la ecuación siguiente:  $CAG_{10} = \frac{\sum [AA + AIM + PE + AP + MEI + BP]}{24}$ .

**Valorización de la capacidad de autogestión (VCAG).** A partir de los resultados obtenidos en la evaluación de los indicadores, se valoriza la capacidad de autogestión del sistema de producción mediante la expresión siguiente:  $VCAG = \frac{\sum [(CAG_1) + (CAG_2) + (CAG_3) + (CAG_4) + (CAG_5) + (CAG_6) + (CAG_7) + (CAG_8) + (CAG_9) + (CAG_{10})]}{10}$

**Calidad del agroecosistema (CA).** La calidad del agroecosistema es determinante para que las especies productivas se desarrollen adecuadamente y está influenciada por factores de estrés externos e internos; por tanto, debe ser mejorada como resultado del proceso de reconversión agroecológica.

**Matriz del paisaje ( $CA_1$ ).** El paisaje donde está insertado el sistema de producción puede propiciar servicios ecológicos o generar perturbaciones. Se consideran las variables siguientes: Ecosistema donde esta insertado (E): (1) urbano > (2) rural > (3) suburbano > (4) periurbano > (5) montaña > (6) natural; tipo de agricultura que predomina (TA): (1) convencional extensiva > (2) convencional pequeña y mediana escala > (3) convencional en transformación > (4) orgánica (sustitución de insumos) > (5) agroecológica > (6) permacultura; princi-

pales factores de estrés biofísico (FEB): (1)costa>(2) industrias>(3) instalaciones>(4)carreteras y autopistas > (5) espejos de agua (presas, otros). Para determinar la calidad de la matriz del paisaje donde esta insertado el sistema de producción se utiliza la expresión siguiente:  $CA_1 = \Sigma [E + TA + FEF]/17$ .

Resiliencia a factores socioeconómicos externos (CA<sub>2</sub>). Diversos factores externos de carácter social y económico pueden influir negativamente sobre la eficiencia productiva y el proceso de reconversión agroecológica; por tanto, la resiliencia del sistema de producción se considera en este caso un indicador que contribuye a la valorización de la calidad del agroecosistema, aunque también se puede valorizar en el capital humano. A mayor resiliencia, menor afectación de dichos factores al proceso de reconversión. Se realiza una identificación previa de los factores externos que afectan la producción agropecuaria en la localidad, los que se pueden considerar en los tipos siguientes: acceso a insumos (AI), precios de insumos (PI), precio de venta (PV), acceso a créditos (AC), regulaciones legales (RL), dependencia de paquetes tecnológicos (DPT). Para realizar la evaluación lo primero es identificar los factores, posteriormente cada uno de ellos son valorados, de acuerdo al grado de influencia negativa que ejerce sobre el funcionamiento y la eficiencia del sistema de producción, mediante la escala siguiente: 0- muy alta influencia negativa (crítico); 1- alta; 2-media; 3-baja; 4-ninguna. Se determina mediante la ecuación siguiente:  $CA_2 = \Sigma [AI + PI + PV + AC + RL + DPT]/24$ .

Adaptabilidad a eventos meteorológicos extremos (CA<sub>3</sub>). Los eventos meteorológicos normalmente afectan la eficiencia productiva e influyen en el proceso de reconversión; a mayor adaptabilidad menor será la sensibilidad. Se determina para el evento extremo de mayor impacto negativo sobre la producción agropecuaria bajo las condiciones locales. La adaptabilidad se evalúa mediante las variables siguientes: sensibilidad de cultivos (SC), sensibilidad de animales (SA), sensibilidad del suelo (SS), sensibilidad de la alimentación humana (AH), sensibilidad en la alimentación de animales (AA), sensibilidad del abasto de agua (SA). Se evalúa mediante la escala siguiente: 1-muy alta; 2-alta; 3-media; 4-baja. Para determinar el índice se utiliza la expresión siguiente:  $CA_3 = \Sigma [(1 * n) + (2 * n) + (3 * n) + (4 * n)]/4 (N)$ , donde: 1, 2, 3, 4, son los valores de las escalas; n es el número de variables con cada valor de la escala; N es el total de variables y 4 es el valor máximo de las escalas.

Acceso y calidad del agua (CA<sub>4</sub>). El agua es un recurso natural escaso, pero vital en la producción agropecuaria, por tanto, determina su eficiencia e influye en el proceso de reconversión. Se consideran de mayor importancia las variables siguientes: se dispone en el momento

necesario (MN), se accede con la frecuencia con que se necesita (FR), se dispone de la cantidad necesaria (CN) y la calidad es la requerida (CA). Cada variable se evalúa mediante la escala siguiente: 0-mal; 1-bajo; 2-regular; 3-bien; 4-muy bien. Se determina el índice mediante la ecuación siguiente:  $CA_4 = \Sigma [MN + FR + CN + CA]/16$ .

Calidad del suelo (CA<sub>5</sub>). Es un indicador básico de la calidad del agroecosistema y debe ser mejorado durante el proceso de reconversión. Se evalúa mediante variables que pueden ser observadas con facilidad en el campo, a saber: pendiente (PN), pedregocidad (PD), profundidad efectiva (PE), infiltración (IN), materia orgánica (MO), macrofauna (MF). Se evalúa considerando las condiciones en que se encuentra el suelo para cada una de las variables de calidad utilizadas, mediante la escala siguiente: 0-no adecuada; 1-ligeramente adecuada; 2-medianamente adecuada; 3-adecuada, pero no óptima; 4-óptima. Se determina el índice mediante la ecuación siguiente:  $CA_5 = \Sigma [PN + PD + PE + IN + MO + MF]/24$ .

Reducción de prácticas degradativas (CA<sub>6</sub>). Normalmente en el manejo del sistema de producción se utilizan prácticas degradativas de la agricultura convencional, las que deben ser reducidas paulatinamente durante el proceso de reconversión. Se consideran principalmente las que afectan los recursos naturales suelo, agua y biodiversidad, a saber: aplicaciones foliares de plaguicidas químicos (APQ), aplicaciones de herbicidas (AH), equipos que compactan el suelo (CS), implementos que invierten el prisma del suelo (IS), riego superficial o por gravedad (RS), monocultivo (MC). Cada uno de las variables se evalúa de acuerdo a los cambios en la reducción de prácticas degradativas: 0-se realiza y mantiene igual; 1-se realiza, pero se ha reducido; 2-se realiza, pero muestra tendencia a reducirse; 3-se realiza en algunos momentos; 4-no se realiza. La ecuación es la siguiente:  $CA_6 = \Sigma [APQ + AH + CS + IS + RS + MC]/24$ .

Valorización de la calidad del agroecosistema (VCA). A partir de los resultados obtenidos en la evaluación de los seis indicadores, se valoriza la calidad del agroecosistema mediante la expresión siguiente:  $VCA = \Sigma [(CA_1) + (CA_2) + (CA_3) + (CA_4) + (CA_5) + (CA_6)]/6$ .

**Transformabilidad (TR)**. Son los cambios en la complejidad y funcionalidad que se alcanza en el rediseño y manejo de los sistemas de cultivo y ganadería, así como del sistema de producción, con enfoque de conservación de los recursos naturales.

Matriz interna de la finca (TR<sub>1</sub>). Se considera la transformación hacia una mayor complejidad y funcionalidad en el diseño de la estructura de la superficie del sistema



de producción. Las variables pueden ser: cerca viva perimetral (CVP), unidades de manejo (UM), cercas vivas internas (CVI), ambientes seminaturales (ASN), integración del árbol (IA), barreras vivas en campos de cultivos (BV). Cada variable se evalúa mediante los criterios siguientes: 1-se realiza con diseño simple o convencional; 2-se realiza con cierta complejidad, pero no es un diseño agroecológico; 3-se realiza mediante diseño agroecológico; 3- (2) + se logran varias funciones en el diseño. Para determinar el indicador, se confecciona un croquis del sistema de producción, donde se enumeran los tramos y las superficies o áreas con cada variable. La expresión para determinar el indicador es la siguiente:  $TR_1 = \frac{\sum [(1 * n) + (2 * n) + (3 * n) + (4 * n)]}{4 (N)}$ , donde 1, 2, 3, 4, son los valores de las escalas; n es el número de tramos y superficies con cada valor de la escala; N es el total de tramos y superficies y 4 es el valor máximo de las escalas.

Cobertura del suelo (TR<sub>2</sub>). La cobertura del suelo en la reconversión agroecológica considera el grado de cobertura y sus características, estas últimas determinantes de la autorregulación ecológica del sistema de producción. Los tipos más comunes de cobertura de toda la superficie del suelo del sistema de producción son: cobertura artificial (CA), espejos de agua (EA), cultivos anuales y temporales (CAT), cultivos permanentes herbáceos (CPH), cultivos permanentes arbóreos (CPA), vegetación seminatural (VSN), vegetación natural (VN). Se determinan las hectáreas que están destinadas a cada uno de estos tipos de cobertura y se evalúa mediante la expresión siguiente:  $TR_2 = \frac{[\sum CA (0,2) + EA (0,3) + CAT (0,4) + CPH (0,5) + CPA (0,6) + VSN (0,7) + VN]}{N}$ , donde N es el total de hectáreas del sistema de producción.

Agrobiodiversidad (TR<sub>3</sub>). Las especies de plantas y animales que se manejan en la finca con fines productivos, sus variedades y razas, que determinan la diversificación productiva, la integración agricultura, ganadería y forestería, así como la adaptabilidad genética, constituyen criterios importantes para determinar la agrobiodiversidad como indicador en el proceso de reconversión. Las variables para evaluar la agrobiodiversidad son: Tipos de rubros productivos, a saber: agricultura, ganadería, forestería (TRP), subtipos de rubros productivos, a saber: hortalizas, raíces y tubérculos, granos, frutos menores, frutales, forestales, ganado mayor, ganado menor, aves, otros (STRP), especies productivas (EP), variedades o razas de las especies productivas (VRP), de estas las variedades o razas, las autóctonas y tradicionales (VRAT). Para evaluar este índice se emplea la expresión siguiente:  $TR_3 = \frac{\sum [EP (0,2) + TRP (0,3) + STRP (0,4) + VRP (0,5), VRAT (0,6)]}{N}$ , que es el total de elementos de las diferentes variables de agrobiodiversidad.

Diseños de agroecológicos de sistemas de cultivo, ganadería y forestería (TR<sub>4</sub>). La complejidad que se logra

en el diseño y manejo agroecológico de los sistemas de cultivo, ganadería y forestería que se realizan en el sistema de producción. Para evaluar se listan los campos de cultivos y cuarteones de ganadería existentes, cada uno de los cuales se clasifica según la escala siguiente: 1-se realiza mediante diseño en franjas, bloques o mosaicos de campos o cuarteones; 2- se realiza mediante diseño intercalado o asociado; 3- (1 y 2) + se integran especies con estructura diferente; 4- (3) + se siembra o planta en momentos diferentes. Se evalúa mediante la ecuación siguiente:  $TR_4 = \frac{\sum [(1 * n) + (2 * n) + (3 * n) + (4 * n)]}{4 (N)}$ , donde n es el número de campos o cuarteones con cada característica del diseño y N es el número total de campos o cuarteones que se siembran o plantan en el año + los permanentes que existen de años anteriores.

Manejo agroecológico de arvenses (TR<sub>5</sub>). Los cambios en el manejo de las arvenses o malezas bajo los principios de la agroecología. Se pueden determinar mediante las variables siguientes: corte manual (CM), colocación de cobertura muerta (COM), siembra de cobertura viva (SCV), rotación de cultivos multifuncional (RCM), manejo de la distancia de siembra o plantación (DSP), cultivos asociados (CA). Para la evaluación se utilizan los criterios siguientes: 1-se realiza en menos del 10 % de la superficie cultivada; 2-se realiza en 11-30 %; 3-se realiza en 31-60 %; 4-se realiza en más del 60 %. Para determinar el índice se utiliza la expresión siguiente:  $TR_5 = \frac{\sum [CM + COM + SCV + RCM + DSP + CA]}{24}$ .

Aprovechamiento de subproductos (TR<sub>6</sub>). Se refiere a subproductos de las labores, restos de cosecha, excretas de animales, productos no comercializados, entre otros. Las variables que se proponen para evaluar este indicador son: procesamiento como minindustria (MI), alimentación animal (AA), elaboración de abonos orgánicos (EAO), incorporación al suelo (IS), utilización como cobertura muerta (UCM), elaboración de biopreparados para el control de plagas (EBP). Se utiliza la escala siguiente: 1-se realiza o utiliza ocasionalmente; 2- se realiza o utiliza sistemáticamente; 3- (2) + se ha establecido desde hace tres o más años; 4- (3) + se han evidenciado resultados. Para determinar el índice se utiliza la expresión siguiente:  $TR_6 = \frac{\sum [MI + AA + EAO + IS + UCM + EBP]}{24}$ .

Conservación y mejoramiento del suelo (TR<sub>7</sub>). Las variables que permiten evaluar la contribución a los principios de la agroecología son: surcado según curvas de nivel (CN), laboreo de conservación (LC), rotación de cultivos (RCU), incorporación de abonos orgánicos (AO), incorporación de restos de cosecha (RCO), tranques antierosivos (TAE). Se utiliza la escala siguiente: 1-se realiza o utiliza ocasionalmente; 2- se realiza o utiliza sistemáticamente; 3- (2) + se ha establecido desde hace tres o más años; 4- (3) + se han evidenciado resultados. Para

determinar el índice se utiliza la expresión siguiente:  $TR_7 = \Sigma [CN + LC + RCU + AO + RCO + TAE]/24$ .

**Conservación y optimización del agua ( $TR_8$ ).** Las variables de mayor importancia son: fuentes de abasto (FA), sistema de extracción (SE), sistema de distribución (SD), sistema de riego (SR), sistema de suministro a animales (SA). Se evalúa mediante la escala siguiente, que considera el grado en que se ha logrado reducir el sobreuso y las pérdidas: 1-bajo; 2-medio; 3-alto; 4-muy alto. El indicador se determina mediante la ecuación siguiente:  $TR_8 = \Sigma [FA + SE + SD + SR + SA]/20$ .

**Valorización de la transformabilidad (VTR).** La valorización del nivel alcanzado en transformabilidad del sistema de producción con enfoque agroecológico se realiza mediante la expresión siguiente:  $VTR = \Sigma [TR_1 + TR_2 + TR_3 + TR_4 + TR_5 + TR_6 + TR_7 + TR_8]/8$ .

## RESULTADOS

La estructura de la metodología en componentes, permitió visualizar y valorizar la reconversión agroecológica como proceso (Fig. 1), resultando de gran importancia el capital humano y la capacidad de autogestión, que son fundamentales para lograr la transformación de dicho sistema. La calidad del agroecosistema se consideró un componente esencial, ya que éste normalmente se encuentra degradado por las prácticas convencionales y expuesto a diversos factores de estrés que propician vulnerabilidad, todo lo cual debe ser reducido como resultado de la transformación agroecológica.

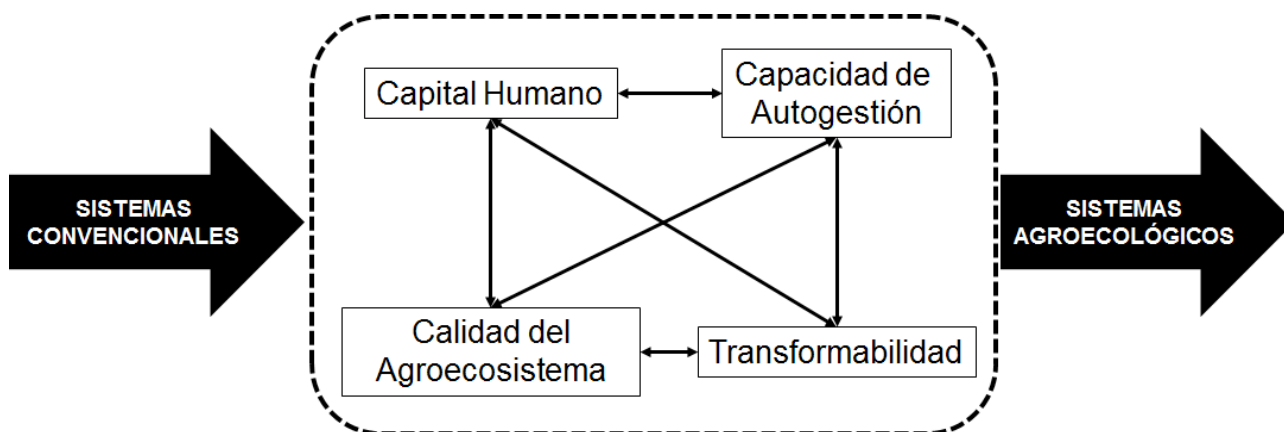
La reconversión agroecológica es un proceso complejo, que significa mucho más que transformar el sistema de producción de convencional a agroecológico, pues se deben lograr capacidades internas, la recuperación y conservación de los recursos naturales y mejorar la calidad como hábitat para las especies productivas y los trabajadores, así como ser eficiente en el orden productivo, económico, ecológico y social, de manera que se pueda alcanzar la sostenibilidad.

Lo esencial en el diseño y manejo agroecológico del sistema de producción agropecuaria es entender que este se realiza a nivel de toda la superficie de dicho sistema, sea productiva o no, y constituye un proceso que se planifica y ejecuta paulatinamente, cuyo objetivo principal es favorecer procesos ecológicos que contribuyan a la eficiencia económica, energética, ecológica y social y se realiza mediante los diseños y manejos agroecológicos siguientes: Integración agricultura, ganadería, forestería; integración de la vegetación auxiliar; manejo y conservación de recursos naturales; manejo de las intervenciones para la nutrición y la sanidad (Vázquez 2015).

Por ser la biodiversidad determinante de las mayores transformaciones que se realizan en un sistema de producción, crear capacidades en los agricultores para evaluar, diseñar y manejar adecuadamente la biodiversidad en sus fincas, constituye un aspecto estratégico en la reconversión de la agricultura, toda vez que estos son los que más conocen el sistema y pueden ser capaces de decidir los mejores diseños y prácticas a adoptar; por ello resulta importante que entiendan las relaciones funcionales entre los componentes de la biodiversidad, principalmente las que favorecen interacciones para la eficiencia del sistema de producción (Vázquez *et al.* 2014).

**Valorización del capital humano.** En el sistema evaluado el capital humano obtuvo un valor de 0,62 (Tabla 1), destacándose la percepción sobre los principios de la agroecología (0,96) y los beneficios para los trabajadores (0,85); le siguen el grado de escolaridad, la equidad de género y la participación en innovaciones, todo lo cual evidencia que este sistema se encuentra en muy buenas condiciones para seguir avanzando en el proceso de reconversión.

El capital humano en el enfoque de medios de vida permite evaluar las capacidades, los valores y las actividades que desarrollan los agricultores para proveer su bienestar (Chambers y Conway 1992), enfoque que es complementario y a la vez contiene la teoría de sistemas aplicada al análisis de sistemas agropecuarios (Hart 1985).



**Figura 1.** Componentes del proceso de reconversión de sistemas convencionales a agroecológicos.

**Tabla 1.** Resultados de la evaluación de los indicadores y valorización del capital humano.

Indicadores	Resultados
1. Percepción sobre los principios de la agroecología (CH <sub>1</sub> )	0,96
2. Grado de escolaridad (CH <sub>2</sub> )	0,71
3. Equidad de género (CH <sub>3</sub> )	0,71
4. Beneficios para los trabajadores (CH <sub>4</sub> )	0,85
5. Participación en intercambios recíprocos (CH <sub>5</sub> )	0,45
6. Acceso a servicios técnicos agropecuarios (CH <sub>6</sub> )	0,19
7. Participación en innovaciones (CH <sub>7</sub> )	0,7
8. Capacidad de gestión de financiamiento (CH <sub>8</sub> )	0,38
<b>Valorización del capital humano (VCH)</b>	<b>0,62</b>

**Tabla 2.** Resultados de la evaluación de los indicadores y valorización de la capacidad de autogestión.

Indicadores	Resultados
1. Independencia de energía externa (CAG <sub>1</sub> )	0,30
2. Capacidad de autoabastecimiento en alimentos para los trabajadores y la familia (CAG <sub>2</sub> )	0,64
3. Capacidad de autoabastecimiento en alimentos para los animales productivos y de labores (CAG <sub>3</sub> )	0,88
4. Capacidad de integración y obtención de insumos para la nutrición de los cultivos y la mejora del suelo (CAG <sub>4</sub> )	0,29
5. Capacidad de integración de bioproductos para la sanidad de los cultivos y animales (CAG <sub>5</sub> )	0,5
6. Nivel de estabilidad productiva (CAG <sub>6</sub> )	0,75
7. Nivel de bioseguridad (CAG <sub>7</sub> )	0,58
8. Infraestructura productiva (CAG <sub>8</sub> )	0,75
9. Medios de producción (CAG <sub>9</sub> )	0,86
10. Infraestructura de apoyo (CAG <sub>10</sub> )	0,75
<b>Valorización de la capacidad de autogestión (VCAG)</b>	<b>0,63</b>

**Tabla 3.** Resultados de la evaluación de los indicadores y valorización de la calidad del agroecosistema.

Indicadores	Resultados
1. Matriz del paisaje (CA <sub>1</sub> )	0,71
2. Resiliencia a factores socioeconómicos externos (CA <sub>2</sub> )	0,54
3. Adaptabilidad a eventos meteorológicos extremos (CA <sub>3</sub> )	0,88
4. Acceso y calidad del agua (CA <sub>4</sub> )	0,94
5. Calidad del suelo (CA <sub>5</sub> )	0,88
6. Reducción de prácticas degradativas (CA <sub>6</sub> )	0,5
<b>Valorización de la calidad del agroecosistema (VCA)</b>	<b>0,74</b>

**Valorización de la capacidad de autogestión.** Muestra un índice de 0,63 (Tabla 2), con mayor contribución por la capacidad de autoabastecimiento en alimento para animales (0,88) y los medios de producción (0,86); considerado también como de alto valor, el nivel de estabilidad productiva, la infraestructura productiva y de apoyo.

La capacidad de autogestión, que depende mucho del capital humano y del capital físico, es determinante para iniciar y avanzar en el proceso de reconversión agroecológica, por ello los programas con este propósito y los agricultores, prestan mucha atención inicialmente en crear estas capacidades, principalmente a través de proyectos y programas con financiamiento; sin embargo, es fundamental que exista coherencia entre dichas capacidades y lo que se debe realizar para mejorar la calidad del agroecosistema, así como los diseños y manejos agroecológicos que se requieren adoptar.

**Valorización de la calidad del agroecosistema.** En el sistema evaluado, esta alcanza un índice de 0,74 (Tabla 3). La mayor contribución a la valorización de la calidad del agroecosistema se logra por el acceso y calidad del agua (0,94), la calidad del suelo y la adaptabilidad a eventos meteorológicos extremos (0,88), así como la matriz del paisaje (0,71).

La calidad del agroecosistema constituye un componente de gran importancia para los avances del proceso de reconversión, sobre todo en territorios donde los efectos de la agricultura convencional han degradado los recursos naturales, principalmente suelo y agua, así como han simplificado la matriz del paisaje, por ello su valorización permite identificar y planificar las acciones necesarias para su recuperación.

Está demostrado que el sistema de producción agropecuaria no está aislado, sino que interactúa con otros sistemas vecinos o cercanos, así como ambientes semina-

turales, naturales y urbanos; por ello es muy importante considerar que la interacción entre estos a escala del territorio puede ser negativa (poblaciones de organismos nocivos, sustancias tóxicas, temperatura elevada, partículas de polvo u otras) o positiva (polinizadores, reguladores naturales, otros elementos de la biodiversidad); esto significa que en su diseño agroecológico deben considerarse estas interacciones externas, para reducir las negativas y favorecer las positivas (Vázquez 2015).

**Valorización de la transformabilidad.** Alcanzo un valor de 0,44 (Tabla 4), destacándose la matriz interna de la finca (0,79) y la conservación y optimización del agua (0,70).

La matriz es la estructura espacio-temporal de toda la superficie del sistema de producción, que incluye los subsistemas o unidades de manejo que lo integran, los sistemas de cultivo y ganadería, la vegetación auxiliar, además de diferentes instalaciones que pueden estar integradas para la elaboración de abonos orgánicos y biofertilizantes, biopreparados de plantas, procesamiento y almacenamiento temporal de la cosecha, entre otras, cuyo diseño agroecológico debe lograr una matriz compleja y funcional, de manera tal que se favorezcan diversos servicios ecológicos; aunque, no existen recetas para lograrlo, ya que depende mucho de las características biofísicas, las condiciones socioeconómicas y la percepción del agricultor, entre otros factores contextuales (Vázquez 2015).

En el proceso de reconversión requiere integrar diferentes especies y tipos de rubros productivos, tanto en la escala del sistema de producción, como en los subsistemas o unidades de manejo, como se expone en los ejemplos siguientes (Vázquez, 2015): diseño en policultivos (integración de cultivos agrícolas con estructura espacial

y temporal diferente); diseño agroforestal (integración de cultivos agrícolas durante el crecimiento y desarrollo de los árboles frutales); diseño polifrutal (integración de diferentes especies de frutales en el mismo campo); diseño agrosilvopastoril (integración de ganado menor y aves de corral para el pastoreo, cuando el frutal se ha desarrollado); diseño silvopastoril (integrar en potreros árboles con funciones de sombra y forraje para el ganado); diseño forrajepastoril (integración de plantas forrajeras en los potreros, para diversificar la alimentación y reducir costos de transportación del forraje).

En estos diseños se debe valorar la siembra de un campo o surco al lado o cercano al otro y sus efectos negativos (colindancia negativa) o para favorecerlos (colindancia positiva); la colindancia negativa es muy importante desde el punto de vista fitosanitario, ya que algunas plagas pueden pasar de un cultivo al otro, en cambio, si la colindancia positiva un cultivo puede suministrar reguladores naturales al otro o servirle de barrera física o repelencia ante poblaciones de plagas (Martínez y Vázquez 2013).

En la transformación que se logre en el diseño y manejo del sistema de producción, no es suficiente con aumentar la complejidad de los diseños agroecológicos en la escala de los campos de cultivos y cuarterones de ganadería, así como en la escala del sistema de producción, sino que se requiere que estos diseños favorezcan multifunciones, todo lo cual constituye un reto para la investigación agroecológica en fincas, pues como expresaran Nicholls *et al.* (2016), el mayor propósito del proceso de reconversión es fortalecer las débiles funciones ecológicas que existen en el agroecosistema, contribuyendo a la gradual eliminación de los insumos externos, a la par de los efectos que se logran con las interacciones y funciones de los procesos ecológicos.

**Tabla 4.** Resultados de la evaluación de los indicadores y valorización de la transformabilidad lograda en el sistema de producción.

Indicadores	Resultados
1. Matriz interna de la finca (TR <sub>1</sub> ).	0,79
2. Cobertura del suelo (TR <sub>2</sub> ).	0,44
3. Agrobiodiversidad (TR <sub>3</sub> ).	0,45
4. Diseños de agroecológicos de sistemas de cultivo, ganadería y forestería (TR <sub>4</sub> ).	0,25
5. Manejo agroecológico de arvenses (TR <sub>5</sub> ).	0,21
6. Aprovechamiento de subproductos (TR <sub>6</sub> ).	0,25
7. Conservación y mejoramiento del suelo (TR <sub>7</sub> ).	0,42
8. Conservación y optimización del agua (TR <sub>8</sub> ).	0,70
<b>Valorización de la transformabilidad (VTR)</b>	<b>0,44</b>

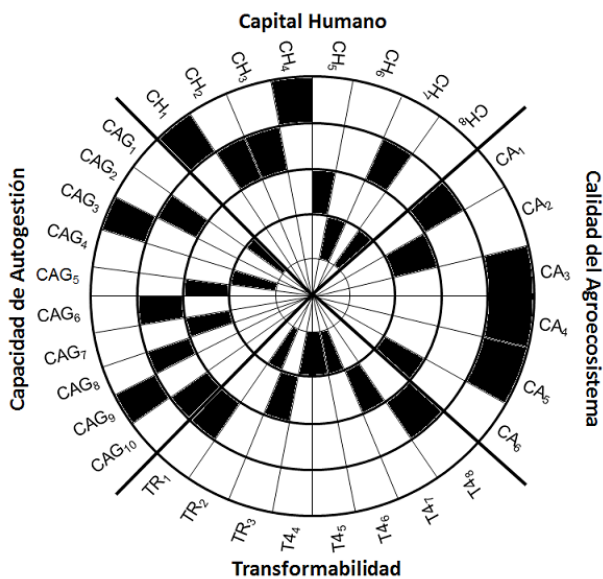
**Tabla 5.** Valorización de los diferentes componentes del proceso de reconversión agroecológica.

Componentes	Valorización
Capital humano	0,62
Capacidad de autogestión	0,63
Calidad del agroecosistema	0,74
Transformabilidad	0,44
<b>Coefficiente de Reconversión Agroecológica (CRA)</b>	<b>0,61</b>



La producción agropecuaria se realiza con un alto nivel de intervención física y química, como resultado de la explotación irracional de tierras durante el auge y consolidación de la agricultura convencional, por ello el enfoque de reconversión agroecológica debe recuperar y conservar los recursos naturales desde la escala del paisaje y favorecer conectividad con zonas de vegetación seminatural y natural, para contribuir a los flujos de biodiversidad y la regulación del microclima, entre otras funciones.

Determinación del coeficiente de reconversión agroecológica. Una vez determinados cada uno de los indicadores y valorizados los componentes de la reconversión agroecológica, se puede apreciar que el mejor valor fue para la calidad del agroecosistema, seguido de la capacidad de autogestión y del capital humano, siendo más baja la transformabilidad (Tabla 5), siendo el CRA de 0,61, que se puede considerar de medio a alto, por lo que posee grandes valores para avanzar en dicho proceso (Fig. 2); sin embargo, la transformabilidad aun muestra una valorización relativamente media (0,44), todo lo cual se debe a diversos factores, principalmente que el sistema fue creado recientemente, que aún no tienen suficiente experiencia, así como por efectos de influencias externas relacionadas con el enfoque convencional de la agricultura, entre otros.



**Figura 2.** Valorización del proceso de reconversión agroecológica del sistema de producción (la escala del gráfico parte del centro hacia el exterior, para los valores entre 0-0,20; 0,21-0,40; 0,41-0,60; 0,61-0,80 y 0,81-1,0).

El desarrollo de agroecosistemas autosuficientes, diversificados y económicamente viables, nace de nuevos diseños de sistemas de cultivo y ganadería manejados con tecnologías adaptadas al medioambiente local, que están dentro de las posibilidades de los agri-

cultores (Altieri y Nicholls 2013). Esto implica que el diseño y manejo agroecológico requiere de procesos de innovación contextuales y transdisciplinarios (Vázquez 2010).

El objetivo del diseño agroecológico es integrar los componentes de manera tal de aumentar la eficiencia biológica general y mantener la capacidad productiva y autosuficiente del agroecosistema; es decir, no es obviar el factor limitante, sino más bien optimizar los procesos agroecológicos claves y, a nivel más regional, o sea, diseñar una trama de agroecosistemas dentro de una unidad de paisaje, miméticos con la estructura y función de los ecosistemas naturales (Altieri 2010) y constituye un nuevo paradigma en la gestión de la producción agrícola y pecuaria, ya que se adoptan los principios de la agroecología a diferentes escalas, lo que significa cambiar paulatinamente de enfoque, en un proceso que transita hacia la sostenibilidad de la producción y el aumento de la capacidad de autogestión (Vázquez 2014); pero, los nuevos rediseños de estos no se logran mediante la simple implementación de una serie de prácticas (rotación de cultivos, aplicación de compost, cultivos de cobertura y otras), sino por su correcta aplicación considerando los principios de la agroecología, para lograr efectos diferentes sobre la productividad, estabilidad y resiliencia de los sistemas agrícolas (Nicholls *et al.* 2016).

El seguimiento del proceso de reconversión comienza con una evaluación inicial (línea base) y continúa realizándose anualmente, tiempo suficiente para que haya posibilidades de determinar los cambios y la tendencia en cada uno de los indicadores y realizar ajustes en los planes. Puede ser realizado directamente por el agricultor o conformar equipos locales, integrados por técnicos y agricultores (Vázquez y Alfonso 2013), quienes deben realizar la evaluación directamente (captar la información y otorgar valores a los indicadores), posteriormente determinar los índices y realizar un análisis sobre avances y factores relacionados, así como identificar los ajustes necesarios en el diseño y manejo del sistema de producción.

La propuesta metodológica que se ofrece, puede ser utilizada en el seguimiento del proceso de reconversión agroecológica de cualquier tipo de sistema de producción, independientemente de sus dimensiones y enfoque tecnológico, ya que se basa en los principios de la agroecología, como ciencia que considera las multifunciones de la biodiversidad, los procesos ecológicos que se requieren para la producción sostenible, las funciones de resiliencia ante eventos extremos y los activos de capitales relacionados con los medios de vida y las redes de valor, entre otros; es decir, no sustituye las herramientas que se han establecido para la evaluación de la sostenibilidad alcanzada por el sistema de producción, sino que refuerza con mayor detalle el análisis del proceso.

## AGRADECIMIENTOS

A los agricultores de los sistemas de producción (fincas, huertos intensivos, organopónicos) donde se generó la presente metodología en la provincia La Habana. También a funcionarios y especialistas de diversas organizaciones que colaboraron, principalmente de la Asociación Nacional de Agricultores Pequeños (ANAP), la Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA) y la Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF).

Al Dr. Miguel Altieri, Profesor de la Universidad de California, Berkeley y presidente honorífico de la Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA), por sus sugerencias para el indicador de percepción sobre los principios de la agroecología, por colaborar en la revisión del documento y su apoyo en la elaboración del presente artículo.

## REFERENCIAS

- Altieri MA. 1995. *Agroecology: the science of sustainable agriculture*. Boulder CO: Westview Press.
- Altieri MA. 1999. The ecological role of Biodiversity in Agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74: 19-31.
- Altieri MA. 2010. El estado del arte de la agroecología: revisando avances y desafíos. En *Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones* (León T, Altieri M, eds). Socla-Universidad Nacional de Colombia. Ideas 21: 77-104.
- Altieri MA, Nicholls CI. 2000a. Agroecología, teoría y práctica para una agricultura sustentable. México DF: programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- Altieri MA, Nicholls CI. 2000b. 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, pp14-19.
- Altieri MA, Nicholls CI. 2013. Diseños agroecológicos para incrementar la biodiversidad de la entomofauna benéfica en agroecosistemas. Lima, Perú: Socla.
- Astier M, Masera OR, Galván-Miyoshi Y. 2008. Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional. Valencia, España.
- Chambers R, Conway GR. 1992. *Sustainable rural livelihoods: practical concepts for the 21st Century*. Sussex, UK, IDS University of Sussex.
- Caporal FR, Costabeber JA. 2004. *Agroecología: alguns conceitos e princípios*. Brasilia. MDA/SAF/DATERIICA.
- Dellepiane AV, Sarandón S. 2008. Evaluación de la sustentabilidad en fincas orgánicas, en la zona hortícola La Plata, Argentina. *Revista Brasileira de Agroecología* 3 (3): 67-78.
- Donovan J, Stoian D. 2012. 5 capitales. Una herramienta para evaluar los impactos del desarrollo de cadenas de valor sobre la pobreza. *Boletín Técnico* 55. CATIE, Costa Rica.
- Etter RA. 1993. Consideraciones acerca de la agricultura sostenible. Documento preparado para los Talleres de Reestructuración del ICA. Instituto para el Desarrollo, Universidad Javeriana. Bogotá.
- Funes-Monzote FR. 2009. *Agricultura con futuro. La alternativa agroecológica para Cuba*. Estación Experimental "Indio Hatuey", Universidad de Matanzas.
- Gliessmam SR. 2001. *Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sustentable*. 2da. ed. UFRGS.
- Griffon D. 2008a. Lo pequeño es hermoso: Una alternativa para la solución de la crisis agrícola. <http://desarrollo.ecoportal.net/content/view/full/78989> (accedido 31.05.2016).
- Griffon D. 2008b. Estimación de la biodiversidad en agroecología. *Agroecología* 3: 25-31.
- Griffon D. 2009. Evaluación Sistémica de Agroecosistemas: El índice Agroecológico. *Revista Brasileña de Agroecología* 4 (2): 1881-1885.
- Hart RD. 1985. Conceptos básicos sobre agroecosistemas. Serie de materiales de enseñanza No. 11, CARIE. Turrialba, Costa Rica.
- Hooper DU, Chapin FS, Ewel JJ, Hector A, Inchausti P, Lavorel S, Lawton JH, Lodge DM, Loreau M, Naeem S, Schmid B, Setälä H, Symstad AJ, Vandermeer J, Wardle DA. 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs* 75: 3-35.
- León ST. 2010. Agroecología: desafíos de una ciencia ambiental en construcción. En: *Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones* (León T, Altieri M, eds). Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología-Universidad Nacional de Colombia.
- Leyva A, Lores. 2012. Nuevos índices para evaluar la agrobiodiversidad. *Agroecología* 7: 109-115.
- Marasas M, Cap G, de Luca L, Pérez M, Pérez R. 2012. El camino de la transición agroecológica. Ediciones INTA. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Martínez A, Vázquez LL. 2013. Características de la colindancia de cultivos en tres sistemas agrícolas convencionales y su relación con la incidencia de insectos nocivos y reguladores naturales. *Fitosanidad* 17(2): 65-74.
- Mora-Delgado J, Ibrahim M, Bermúdez MB. 2011. Tipificación de hogares campesinos con base a indicadores de medios de vida en la zona cafetalera de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. En *Manejo agroecológico como ruta para lograr la sosteni-*

- bilidad de fincas con café y ganadería (Villanueva C, Sepúlveda CJ, Ibrahim M. Costa Rica: CATIE, pp. 1-18.
- Nicholls CI, Altieri MA, Vázquez L. 2016. Agroecology: Principles for the Conversion and Redesign of Farming Systems. *Journal of Ecosystems & Ecology*. S5:010. Doi: 10.4172/2157-7625.S5-010.
- Sarandón S, Flores CC. 2009. Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica. *Agroecología* 4: 19-28.
- Schuschny A, Soto H. 2009. Guía metodológica Diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Naciones Unidas, Santiago de Chile.
- Vázquez LL. 2010. Agricultores experimentadores en agroecología y transición de la agricultura en Cuba. Capítulo 10. En *Vertientes del pensamiento agroecológico. Fundamentos y aplicaciones* (León T, Altieri MA, eds). Bogotá, Colombia: Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA). Instituto de Estudios Ambientales (IDEA), pp. 227-246.
- Vázquez LL. 2013. 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. *Agroecología* 8: 33-42.
- Vázquez LL. 2014. Compendio de buenas prácticas agroecológicas en manejo de plagas. La Habana: Editora Agroecológica.
- Vázquez LL. 2015. Diseño y manejo agroecológico de sistemas de producción agropecuaria. En *Sembrando en Tierra Viva. Manual de Agroecología*. Proyecto Tierra Viva. La Habana, pp. 133-160.
- 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, Griffon D. 2014. Diagnóstico participativo de la biodiversidad en fincas en transición agroecológica. *Revista Fitosanidad* 18 (3): 151-162.
- Vázquez LL, Porras A, Alfonso-Simonetti J. 2015. Tipos funcionales de plantas productivas integradas en diseños de sistemas de cultivos complejos innovados por agricultores. *Memorias del V Congreso Latinoamericano de Agroecología*. Archivo Digital: descarga y online ISBN 978-950-34-1265-7.
- 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 Orgánica (La Habana)*: 18 (3): 14-18.