

## **Bases teórico-metodológicas para el diseño de sistemas agroecológicos**

### **Theoretical-methodological framework for the design of ecological agriculture systems**

Álvaro Noguera-Talavera, Francisco Salmerón, Nadir Reyes-Sánchez.

Originales: *Recepción: 29/06/2018 - Aceptación: 03/05/2019*

#### **RESUMEN**

Este artículo resume una serie de experiencias que desde la aplicación de los principios agroecológicos permiten identificar y analizar definiciones, estructuras, dimensiones-escalas, métodos de evaluación de sistemas agroecológicos, con el objetivo de orientar el análisis hacia el entendimiento de los procesos que promueven una alta funcionalidad ecológica, social y económica. La construcción del marco teórico-metodológico presentado es resultado de una revisión de experiencias con enfoque agroecológico, en agroecosistemas estratégicos para la conservación de los recursos naturales. Los resultados de la revisión y análisis de las experiencias muestran que, en el contexto de la agricultura con enfoque de sostenibilidad, las prácticas agroecológicas han evolucionado producto de experiencias tradicionales acumuladas por productores individuales, asociaciones, y proyectos de desarrollo territorial; asumiendo diferentes escalas de aplicación y mecanismos. Con base en las dinámicas productivas con enfoque agroecológico, fue posible extraer y sintetizar de cada experiencia los indicadores de procesos funcionales como conservación de la biodiversidad, servicios ecosistémicos, productividad, conectividad del paisaje, para el logro de objetivos ecológicos, sociales y económicos, tanto a escala de finca como de cuenca, y paisaje. Es bajo esta premisa, que se planea que el análisis de sistemas agroecológicos a diferentes escalas, conlleva elementos metodológicos integradores de distintas visiones de la gestión de recursos naturales, debido a que su dinámica está determinada por elementos naturales y sociales con múltiples contextos.

#### **Palabras claves**

Agricultura sostenible • procesos ecológicos • evaluación agroecológica

Diseño, manejo y evaluación de agroecosistemas  
con un enfoque agroecológico

---

Universidad Nacional Agraria. km 12 ½ Carretera Norte. Managua, Nicaragua. Apdo. 453.  
nogueralavera@yahoo.es

**ABSTRACT**

This paper summarizes a range of experiences that when applied allow the identification and analysis of definitions, structures, dimensions-scales and key processes for the design of agro-ecological with the objective to drive the analyzes towards understanding of process that promote an important ecological, social and economic functionality. The theoretical framework-methodological built is provenances from agro ecological experiences review of agroecosystems that conserve natural resource. From the experiences analysis, it suggests that, in the context of sustainable agriculture, the agro ecological practices have evolved as a result of the local experiences of individual farmers and farmer's associations, and territorial development projects, with different territorial scale and strategist to the implementation. Based on productive activities on the agro ecological approach, was summarized indicators of functionality as well as, biodiversity conservation, ecosystem services, productivity, and ecological net at landscape, to reach ecological, social and economic objectives, in scales as farm, watershed, and landscape. It is under this premise that, we conclude that at varying degrees, these systems serve to integrate different approaches on the conservation of nature and human development thanks to the fact that their dynamic is determined by natural and social elements with multiple contexts.

**Keywords**

Sustainable agriculture • ecological process • ecological assessment

**INTRODUCCIÓN**

De acuerdo con Rusch y Skarpe (2009), en un contexto actual de la agricultura nicaragüense caracterizada por la existencia de suelos degradados, baja productividad por sistemas de manejo poco eficientes (10) y, factores climáticos y de degradación, no cabe duda sobre la necesidad de implementar métodos de agricultura que promuevan mayor biodiversidad, resiliencia y elementos para una sostenibilidad ecológica y social (3); y en la práctica, mayor producción de alimentos; concibiéndose así la necesidad de un nuevo paradigma o forma justa de agricultura (28).

Desde un punto de vista teórico-metodológico, el paradigma de agricultura justa debe partir de principios como: complejidad basada en funcionalidad, integración de los componentes de los agroecosistemas, mejor interacción hombre y ecosistema, y transformación continua; además de conceptos de la ciencia agroecológica como: sostenibilidad, adaptación, y productividad; todos importantes para el diseño y evaluación de sistemas de producción agropecuarios con enfoque de sostenibilidad.

La agroecología como ciencia transdisciplinaria y participativa (39), no es meramente un conjunto de recetas tecnológicas, sino que parte del empoderamiento de la familia campesina considerando su entorno ecológico, social y económico; muchas veces desventajoso por el predominante sistema de mercado. Esto hace a la agroecología una ciencia que se nutre de las experiencias campesinas (locales) exitosas que pueden ser traducidas en indicadores útiles para la difusión de prácticas agroecológicas exitosas.

El presente ensayo tiene como objetivo aportar elementos teóricos-metodológicos de reflexión para la aplicación en caracterización, estudio y comprensión de los procesos ecológicos que sugieren funcionalidad de los sistemas agroecológicos en diferentes realidades productivas, climáticas, y sociales; tomando como referencia experiencias desarrolladas a diferentes escalas y contextos.

Con el propósito de construir una secuencia lógica en el abordaje de la temática, el artículo ha sido organizado en siete secciones, iniciando con una Introducción, la cual ofrece una visión consensuada de las limitantes de tipo, ambientales y tecnológicas que justifican un cambio de paradigma en el modelo productivo local, contexto que es común a muchos territorios rurales de América Latina.

La sección titulada Fundamentos de agroecología aplicados a sistemas agrarios productivos, es una síntesis de las bases conceptuales sobre diseños agroecológicos. En esta sección, se propone una definición con visión integral de lo que se debería concebir

como diseño agroecológico a diferentes escalas; y se retoman los principios que, desde el origen epistemológico de la agroecología, se han considerado como base para el diseño de sistemas agroecológicos.

Los Materiales y Métodos presentan el procedimiento, y criterios utilizados para la obtención y análisis de la información; así como un esbozo de los aspectos experimentales y de diseño de una de las experiencias con carácter inédito.

La sección Casos de diseños y evaluación de sistemas agroecológicos, representa el desarrollo de la temática, a partir de estudios, en los cuales se aborda tres agro ecosistemas productivos estratégicos por su composición, integración y funcionalidad de los elementos que los integran; así como su importancia económica, social y cultural, desde un enfoque de sistema que es pertinente con el manejo sostenible.

En la sección denominada Los diseños agroecológicos y su distribución a escala superior a la finca, se hace una propuesta teórica y metodológica donde se aplican los principios de la sostenibilidad al análisis de una escala mayor a la finca. Aquí, la apuesta es conciliar y/o traslapar los principios de la agroecología con procesos a nivel de paisajes, territorios y cuenca, escalas que son, por su complejidad, poco entendidas al considerar perspectivas de la investigación y la evaluación agroecológica.

En la sección titulada Implicaciones de la evaluación de los sistemas agroecológicos se establece una ruta metodológica para la evaluación de los diseños agroecológicos, con visión de aplicación a diferentes escalas. La propuesta metodológica hace énfasis en métodos de tipo cualitativos y cuantitativos e implica desde el establecimiento de línea base, hasta elementos de rediseño, monitoreo y seguimiento, para generar pautas de las evaluaciones a nivel de sostenibilidad.

Las Conclusiones ofrecen los aspectos particulares asumidos de las generalizaciones teóricas extraídas de los estudios de caso; enfatizando en que los sistemas agroecológicos tienen diferentes expresiones, representan principios que conllevan elementos de sostenibilidad como son adaptación y resiliencia, así como de cosmovisión, cuyas dimensiones trascienden lo técnico y económico, características que determinan las opciones para su evaluación.

## FUNDAMENTOS DE AGROECOLOGÍA APLICADOS A SISTEMAS AGRARIOS PRODUCTIVOS

La agroecología propone el desafío de asumir la complejidad de la naturaleza no como un recurso infinitamente explotable sino como un bien que hay que conservar y a la vez reproducir. La racionalidad de la familia campesina interpreta la complejidad de su entorno para diseñar sus sistemas de producción agroecológicos convirtiendo estas experiencias en conocimientos sistemáticos emergidos de una práctica exitosa de sistemas productivos de autosubsistencia, en conversión o plenamente agroecológicos.

Desde su fundamentación técnica, López (2012) resalta que la agroecología ofrece respuestas a la degradación ambiental, social y económica resultante de la prevaiente agricultura moderna basada en la dependencia de agroquímicos, tecnología y energía fósil; es más, responde a la necesidad de incrementar los niveles de consumo de alimentos inocuos para la salud de los consumidores que a la larga afecta el nivel de vida y productividad de la población vulnerable de los países más empobrecidos.

La conceptualización de productividad asociada a los sistemas productivos con base agroecológica es analizada por Martínez (2002), desde dos dimensiones, la relativa a la manera como se usa el agroecosistema en espacio y tiempo (elementos bases para el diseño), y en términos de la fuerza laboral.

La primera dimensión reconocida, y aceptada como parte de la visión propuesta en este artículo tiene su expresión en procesos como diversificación y buen aprovechamiento de fuentes naturales de energía; mientras la segunda radica en producir a partir de una alta eficiencia de la mano de obra familiar y comunal reduciendo así el riesgo de comerciar con la fuerza laboral y; el despojo o pérdida de la tierra y, por tanto, la desaparición de la ruralidad. En la misma línea Vilaboa *et al.* (2006) visiona la productividad como la eficiencia biológica de un sistema de producción con expresión en la sostenibilidad del sistema.

El retorno a prácticas tradicionales campesinas basadas en saberes locales se justifica al reconocer que los agroecosistemas donde los productores manejan eficientemente la diversidad desde una perspectiva de función de cada componente, se transforman en sistemas agroalimentarios sostenibles que proveen en gran medida la producción de alimentos en muchas regiones de América; tomando como ejemplo lo planteado para Nicaragua por Salmerón y Valverde (2016), quienes dimensionan el aporte de pequeñas unidades productivas en un 50%.

Diversos análisis de la importancia de los sistemas tradicionales en la consecución de objetivos de sostenibilidad, entre los que destacan el desarrollado por Altieri y Nicholls (2012), quienes enfatizan en que muchos agroecólogos reconocen que los agroecosistemas basados en prácticas campesinas tienen el potencial para solucionar muchas incertidumbres que hoy en día enfrenta la humanidad, principalmente cambio climático, crisis financiera, e inseguridad alimentaria.

Aun cuando las prácticas y/o tecnologías campesinas son más reconocidas como amigables con el medio ambiente, en comparación a las de alto uso de insumos, no todas son efectivas o aplicables (3, 30), en parte por la visión de cada productor, y por otro lado, por diferencias edafoclimáticas entre zonas agroecológicas, y esta última de acuerdo con Machado *et al.* (2015), influyen en los indicadores técnicos-productivos, sociales y económicos; por lo que las modificaciones y adaptaciones podrían ser necesarias; proponiendo así a la agroecología como la clave para revitalizar la productividad de los sistemas de finca; y aún más a otras escalas espaciales como son la cuenca a la escala de territorio (28).

Desde el punto de vista de la academia, la estrategia para la sostenibilidad de los sistemas agroecológicos ha estado basada en la funcionalidad de los componentes; así diferentes autores visualizan la funcionalidad como la utilización real y coherente de los procesos (sinergias y antagonismos) y organismos vivos que participan en la planificación, producción y distribución de los beneficios del usufructo de la tierra como recurso natural.

Una vez que la agroecología es asumida como guía para incrementar la productividad de los pequeños sistemas de finca y sistemas de mayor escala; la reorientación de prácticas debe sustentarse en la aplicación de los principios de esta ciencia, cuya expresión puede ser conceptualizada como *sistemas agroecológicos*; constituidos por un conjunto de diseños o arreglos espaciales y temporales de componentes, son dinámicos y pueden tomar diferentes formas tecnológicas dependientes de circunstancias biofísicas, socioeconómicas, e intereses de cada productor (3).

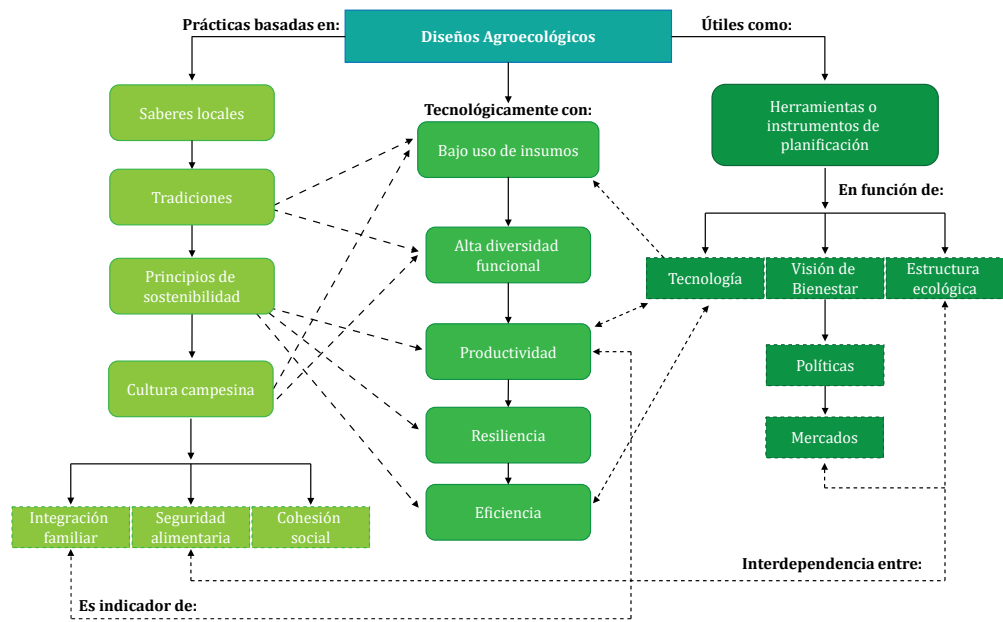
Bajo una lógica de sostenibilidad los sistemas agroecológicos deben ser manejados a través de la aplicación de los principios de la ciencia agroecología, estos deben mostrar atributos como altos niveles de diversidad funcional, integración, eficiencia y resiliencia; mientras otros autores resaltan otros atributos de corte socio cultural como autosuficiencia alimentaria, autonomía e independencia; y aún más complejos, desarrollo endógeno y local (26, 27, 43).

## ELEMENTOS CONCEPTUALES SOBRE DISEÑOS AGROECOLÓGICOS

El entendimiento de la dimensión de los diseños agroecológicos abordada en este artículo, debe partir del entendimiento del enfoque conceptual de agroecosistema, fundamentado por el paradigma de pensamiento complejo, cuya aplicación parte de la teoría de sistemas complejos en los que la realidad agrícola es representada por una totalidad organizada que no puede ser estudiada aisladamente (6).

De acuerdo con Casanova-Pérez *et al.* (2005), agroecosistema es un sistema complejo, abierto (realiza intercambios con el medio), constituido por elementos heterogéneos en interacción, con interdefinibilidad, mutua dependencia de las funciones que cumplen los elementos, clausura operativa para garantizar su autoreproductividad, y acoplamiento estructural; mientras desde un enfoque autopoietico representan estructuras (subsistemas) sociales de comunicación que expresan visiones de manejo agrícola, emergentes de la agricultura como sistema social (figura 1, pág. 277).

Partiendo del enfoque multidisciplinario de la agroecología es de particular interés para investigadores, técnicos, productores y decisores el abordaje conceptual y práctico de la integración de diferentes ejes en el marco del diseño de sistemas agroecológicos (figura 1, pág 277).



**Figura 1.** Elementos conceptuales y dimensiones de los diseños agroecológicos como estrategias interdisciplinarias.

**Figure 1.** Conceptual elements and scope of agroecological design as interdisciplinary strategies.

En la búsqueda por reinstalar una racionalidad más ecológica en la producción agrícola, los científicos y promotores han ignorado un aspecto esencial o central en el desarrollo de una agricultura más autosuficiente y sustentable: *un entendimiento más profundo de la naturaleza de los agroecosistemas y de los principios por los cuales estos funcionan*. Dada esta limitación, la agroecología emerge como una disciplina que provee los principios ecológicos básicos sobre cómo estudiar, diseñar y manejar agroecosistemas que son productivos y a su vez conservadores de los recursos naturales y que, además, son culturalmente sensibles; y social y económicamente viables (36).

De más pragmático entendimiento, es lo referido por Vásquet *et al.* (2012), quienes definen teóricamente los diseños agroecológicos como sistemas de diferentes escalas (organopónicos, huertos intensivos, patios, parcelas y fincas típicas, hasta los límites de cuenca y paisaje) que se originan de actividades de planificación y manejo espacial, estructural y temporal de la vegetación, cultivada o no; siendo los elementos esenciales en el manejo, los tipos de biodiversidad.

Desde una perspectiva práctica, es posible conceptualizar los diseños agroecológicos como herramientas o instrumentos de planeación para el manejo de la producción agrícola sostenible con principios agroecológicos (36); resaltando la importancia de la planificación del diseño y la eficiencia del sistema a partir de lo propuesto por Souza-Casadinho (2010), en cuanto a procesos como la demanda externa de energía asociada al logro de un eficiente reciclaje de nutrientes y el manejo de plagas. Complementariamente, la distribución espacial y temporal de los cultivos con expresión en el índice de presión secuencial de familias en el arreglo, compatibilidad entre componentes, entre otros.

En el diseño y manejo de sistemas de producción, se debe considerar que en su estructura espacial y temporal se favorezcan varios niveles principales en las interacciones funcionales entre los cultivos y el resto de la vegetación (46), debiéndose además reconocer que los agroecosistemas en sí mismos poseen estructura y funcionalidad ecológica, que pueden estar o no vinculadas con la estructura ecológica del paisaje en que se encuentran (23), debiendo modelar la complejidad de los sistemas naturales que los constituyen.

*El objetivo último 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 (36).*

En su abordaje, los diseños agroecológicos deben definirse desde una perspectiva tridimensional, es decir, mirar el sistema productivo, la finca y el entorno ambiental (mercado, políticas, instituciones, tecnología, asistencia técnica, entre otros factores), como un todo y no separado de su realidad: enfoque sistémico (36).

Como práctica, el diseño agroecológico de los sistemas productivos, así como las actividades a implementar dependen de la disponibilidad de recursos, de las limitaciones ambientales, de las restricciones que imponga el mercado y de las preferencias y valores del productor. En la etapa del diseño cada productor piensa y propone de qué manera, y a partir de sus necesidades específicas integrará los diferentes elementos del sistema (42).

El límite mínimo del diseño agroecológico es el sistema finca y no el sistema productivo, o la parcela. A partir de la finca, se construyen los diseños y el sistema productivo va a depender de la estructura ecológica de la finca (principio de inmunidad: anticiparse al cambio).

Los principios generales que se deben considerar para que un diseño productivo sea considerado con enfoque agroecológico han sido ampliamente abordados y profundizados por diversos autores (1, 14, 46), por lo que a continuación se enlistan algunos aspectos de los comúnmente resaltados.

- Incorporación de diferentes tipos de biodiversidad, garantizando la integración de componentes; y con ello el desarrollo de procesos ecológicos que hacen estable el agroecosistema.
- Eficiencia en la integración de los componentes del agroecosistema, a partir de diferentes tamaños y formas de campos; y una estructura de cultivos según los intereses de la familia campesina.
- Mejoramiento de la salud del suelo como estrategia para incrementar la productividad.
- Promoción de la seguridad y soberanía alimentaria de la familia campesina y las poblaciones de su entorno.
- Incremento de la productividad del sistema agroecológico, a partir de incremento en la eficiencia de los procesos ecológicos asociados al microclima, provisión de agua y diversidad biológica del suelo.
- Promoción de relaciones de equidad en la distribución de los beneficios, a través del fortalecimiento de la organización local e intercambio de saberes para el desarrollo.

Metodológicamente, la conjunción de los principios aplicados a los sistemas productivos es de interés estratégico como parte de evaluaciones de metas de la agroecología como ciencia y práctica local en vista que, por un lado, los principios orientan hacia el logro de sistemas respetuosos y promotores de la conservación de la biodiversidad; y por tanto productivos.

Autores como Altieri (2009) resaltaron la importancia del componente humano o social dentro de la dinámica de los agroecosistemas, encontrando en esta conjunción una aproximación al enfoque de sostenibilidad, cuyos elementos son transversales en políticas de desarrollo humano, entre ellos resiliencia, seguridad alimentaria, valoración de saberes locales, cultura agraria, integración familiar; y en general cohesión social (figura 1, pág. 277).

## **EL ENFOQUE SOCIOCULTURAL O HUMANO EN EL DISEÑO DE SISTEMAS AGROECOLÓGICOS**

Desde lo social o humano de las familias campesinas, la decisión sobre el sistema agroecológico y su diseño-manejo está influenciada por una serie de factores de alguna manera olvidados por científicos e instituciones de investigación que promueven la adopción de tecnologías agrícolas convencionales. Siendo algunos de los factores aglutinados y resumidos en el concepto “cultura”, que en la práctica reemplaza conceptos energéticos o materialistas para definir su nicho como mecanismo de adaptación, incluyendo según León-Sicard (2009), expresiones que van desde lo mitológico, religioso hasta lo científico, expresiones artísticas, diferentes tipos de organización socioeconómicas y políticas; construidas a través de su historia de modificación del hábitat. Mientras Altieri (2009) realizó un abordaje basado en un proceso de coevaluación socio-ecológica.

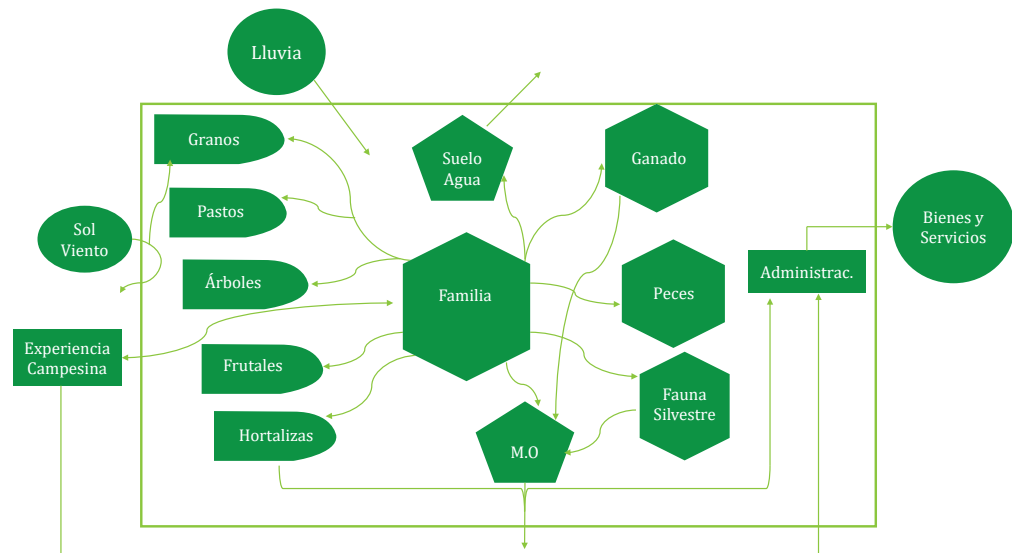
Un principio organizador general, esencial en el enfoque campesino ante la producción es el mantenimiento de un conjunto de estrategias en la reproducción de diversidad de la vida. El campesino trabaja con esa diversidad de vida, y el objetivo central de su sistema de producción es la utilización de lo que encuentra naturalmente en su lugar, en el ecosistema que habita (37). Sustentando lo anterior, la afirmación que la agroecología no es un conjunto de técnicas, sino que se trata de poner a la familia rural en el centro del sistema productivo llegando a su empoderamiento para tomar decisiones sobre los medios de vida.

Desde la agroecología, las expresiones asociadas a una cultura agraria se basan en el conocimiento originado en las experiencias o comprensión de las limitantes y potencialidades del hábitat donde cada familia campesina desarrolla actividades productivas (46); así como la visión de sostenibilidad, que en caso de la agricultura de mercado se orienta de acuerdo con León-Sicard (2009) y Gudiño (2018), hacia el desarrollo económico, mientras en el pensamiento agroecológico se orienta hacia la buena relación entre ecosistema y cultura, a través de un verdadero bienestar común y equidad social.

Otro punto de vista de la importancia de la familia en la dinámica de los agroecosistemas está asociado al límite de estos, en vista que sus límites biofísicos son visibles; por el contrario, el límite social, económico o político es difícil de identificar puesto que está mediado por factores decisionales intangibles en estrecha relación con la cultura del productor y aspectos institucionales, y externos de otra índole que reflejan estrategias nacionales e internacionales de desarrollo (15, 22, 44).

La importancia de las personas en el diseño y manejo de sistemas agroecológicos, es también abordado a escala de paisaje, en el sentido que, la complejidad de la distribución espacial de los ecosistemas para su manejo y conservación dependen del grado de conexión entre la naturaleza y las poblaciones que bajo diferentes visiones transforman el medio (23).

El diagrama presentado a continuación (figura 2) resume aspectos conceptuales del enfoque sociocultural aplicados a la dinámica del diseño de sistemas agroecológicos ya que se ubica a la familia campesina en el centro del sistema, resaltando así el nivel de decisión que tiene esta en la planificación, implementación; y en general, la valoración de la viabilidad y sostenibilidad del sistema.



**Figura 2.** Enfoque sociocultural en la implementación de sistemas agroecológicos. Autoría propia.

**Figure 2.** Social and culture framework on the implementation of agroecological systems. Own authorship.

Como parte de la dinámica puesta en perspectiva en el párrafo anterior, se debe considerar como fuente de planificación y manejo del sistema la experiencia acumulada por la familia campesina lo cual, traducido a conocimiento, representa una entrada que propicia procesos de selección de componentes del sistema, como por ejemplo: granos, pastos, árboles, frutales, hortalizas y animales entre otros.

Por parte de la familia, el manejo de la interacción entre el suelo y el agua en relación con otras fuentes de energía como la lluvia, el sol y el viento, el reciclaje de nutrientes a través de la materia orgánica acumulada tanto de los productores primarios, como de los consumidores para hacer más eficiente el aprovechamiento de la energía.

Desde la visión de desarrollo, la familia establece sus mecanismos de administración tanto para suplir sus necesidades alimentarias, de educación y superación para alcanzar cierto nivel de bienestar o calidad de vida (5); como para identificar oportunidades de mejoramiento del sistema, a partir de intercambios con otras familias y comunidades, colaboraciones, inserción a mercados locales; y otros bienes y servicios que mejoran su independencia de materia prima o servicios de agentes e instituciones especializadas y condicionantes del tipo de sistema de producción, como es el caso de instancias promotoras de agricultura convencional.

Lo antes descrito tiene su base en la importancia que la familia campesina asigna al conocimiento de su realidad y visiones de desarrollo; visiones que “están enraizadas en sus lugares físicos, lo que los equipa con un tipo de conocimiento involucrado y participativo, en vez del conocimiento desapegado y remoto que resulta de la práctica científica de la agricultura industrial; se centra además en los intereses de la comunidad local y su meta es producir alimentos tras el logro de la auto-dependencia y la estabilidad en el largo plazo” (37).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Para la obtención de la información de utilidad para la construcción de los elementos teóricos y metodológicos que persigue el objetivo del artículo, se realizó una revisión analítica de publicaciones cuyos criterios de selección fueron:

1) Evidente aplicación de principios agroecológicos, como son: Incorporación de diferentes tipos de biodiversidad, eficiencia en la integración de los componentes, incremento de la productividad del agroecosistema, protección de los procesos ecológicos a nivel de cuenca y paisaje.

2) Utilización de indicadores pertinentes al análisis y evaluación agroecológico, permitiendo identificar y resaltar procesos ecosistémicos relacionados con lo ecológico, social y económico. Siendo algunos de ellos: estabilidad de la biodiversidad, salud del suelo, independencia de insumos externos, integración familiar, conectividad del paisaje, capacidad de organización social, seguridad alimentaria, entre otros.

3) Que fuesen experiencias de América Latina, debido, principalmente, a la similitud en la aplicación de prácticas tradicionales en diseños, y rediseño de los agroecosistemas.

Con excepción del caso del modelo de manejo agroecológico de moringa, que es un trabajo inédito por ser resultados de tesis doctoral, en ninguno de los casos de revisión, se procesó o analizó datos crudos de las publicaciones. El método consistió en la elaboración de síntesis, por paráfrasis, de los aspectos metodológicos y resultados para presentarlos como indicadores de procesos y/o funcionalidad de las prácticas asociadas a diseños agroecológicos.

Los sistemas en los cuales se basó la revisión presentan, de manera intrínseca, elementos estructurales y funcionales que garantizan el logro de objetivos, alrededor de la conservación de los recursos naturales, por lo que, al no ser percibidos como estratégicos desde el enfoque de la agroecología, se agravaría la degradación desde el nivel de finca hasta el nivel de paisaje.

Por ejemplo, la caficultura y ganadería, al ser actividades que generan importantes ingresos a los productores, en comparación con otros rubros, muestran una alta demanda de tierras e insumos que generan externalidades negativas a gran escala. Mientras que bajo el



enfoque de producción agroecológica, se mantendría su impacto sobre el ingreso, mediante las tradicionales prácticas de diversificación del sistema, así como la implementación de alternativas asociadas a la obtención de suelos saludables, canales justos de comercialización, independencia de insumos por integración de los componentes del sistema.

En el caso de las escalas cuenca, paisaje y territorio, es de interés para resaltar elementos como el mantenimiento de la conectividad ecológica y servicios ambientales entre ecosistemas, y enfoque de planificación territorial que permite dimensionar la interacción de las poblaciones humanas y ecosistemas. Al respecto, se asumen como elementos integradores los parches de bosques naturales, áreas protegidas y el agua como eje integrador en la cuenca.

## **METODOLOGÍA DEL ENSAYO DE MANEJO AGROECOLÓGICO DE MORINGA EN NICARAGUA**

Los ensayos fueron establecidos en la unidad productiva finca Santa Rosa, cuya ubicación geográfica es 12°09'30.65"N, 86°10'06.32"W, y a una altitud de 50 m s.n.m. perteneciente a la Universidad Nacional Agraria, en Managua.

Climáticamente, el área pertenece a una zona de vida de bosque seco tropical, con precipitación y temperatura media anual de 1099 mm y 27°C respectivamente, y humedad relativa de 74%; predominando dos estaciones definidas por una época seca que va desde noviembre a abril, y una época lluviosa de mayo a octubre.

El ensayo tuvo una duración de nueve meses, con fecha de establecimiento junio 2013 hasta marzo del 2016 tiempo durante el cual se aplicó prácticas de manejo agroecológico. El área con manejo agroecológico correspondió a un lote de 1 hectárea, con un área efectiva de muestreo de 0,18 hectáreas. En el sistema fueron delimitadas cuatro unidades de muestreo de forma rectangular (15 m x 30 m).

El método definido para muestrear la macrofauna edáfica fue sistemático con monolitos separados 15 m entre sí, distribuidos en transecto diagonal dentro de las unidades de muestreo. Mientras el muestreo de artrópodos, se hizo mediante trampas pitfall y trampas aéreas.

### **Diseño experimental**

El diseño consistió en unidades experimentales de forma rectangular, seleccionadas de manera aleatoria (DCA). Cada unidad con plantas establecidas a distanciamiento 3 m x 3 m, en arreglo lineal.

### **Tratamientos**

Tratamiento 1: Manejo convencional, consistió en área de monocultivo de moringa, con actividades de preparación mecanizada del suelo, control mecanizado y químico de arvenses; fertilización inorgánica, y riego.

Tratamiento 2: Conversión agroecológica, cuyo enfoque fue el establecimiento de un sistema de policultivo, labranza mínima en la preparación del suelo, rotación de leguminosas, fertilización orgánica con compost, incorporación de abonos verdes, sin riego y, control de arvenses con cobertura de leguminosas.

Para la evaluación de los sistemas de manejo, del conjunto de monolitos se colectó dos muestras compuestas de 2 kilogramos de suelo, para determinar propiedades químicas y físicas en el Laboratorio de Suelos y Agua (LABSA) de la Universidad Nacional Agraria (tabla 1, pág. 282).

### **Procesamiento estadístico**

La estadística no paramétrica (Kruskal-Wallis) fue empleada para determinar diferencias en la variación de la densidad por taxón y grupo funcional por sistema de manejo. Como parte de la diversidad de la macrofauna, a nivel de sistema de manejo para los taxones, clases y órdenes, se determinó el índice de dominancia de la comunidad (D), con comparaciones de "t" student en el programa PAST versión 1.29.

**Tabla 1.** Propiedades químicas del suelo de dos sistemas productivos de *M. oleifera* en la zona seca de Nicaragua.**Table 1.** Soil chemicals properties in two productive systems of *M. oleifera* at dry zone of Nicaragua.

Propiedades del suelo	Manejo convencional 2013	Manejo convencional 2016	Conversión agroecológica 2013	Conversión agroecológica 2016
pH	6,54	7,45	6,58	7,08
M.O (%)	3,11	2,58	4,40	3,20
C.O (%)	1,29	1,71	1,68	2,18
N (%)	0,14	0,11	0,16	0,18
P (ppm)	35,70	20,17	ND	38,47
CiC	33,25	27,67	27,10	28,05

ND: No Determinado/UD: Non Determined.

**DESARROLLO: CASOS DE DISEÑOS Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS AGROECOLÓGICOS****Modelo de manejo agroecológico de moringa en Nicaragua**

Uno de los primeros ejemplos mostrados en este artículo corresponde a un sistema agroecológico de marango (*Moringa oleifera* Lam.). El modelo de diseño agroecológico propuesto partió de la noción de productividad promovida desde la agroecología, la que básicamente se fundamenta en la forma de utilización de la tierra, que a todas luces conlleva a la implementación de prácticas que mejoran la salud del suelo y los procesos que suceden y dependen de este recurso.

Las mediciones estuvieron orientadas a la documentación de la composición, estructura y funcionalidad de cada componente, clasificándolos a partir de los tipos de biodiversidad, los que permitieron estimar la complejidad del sistema (45).

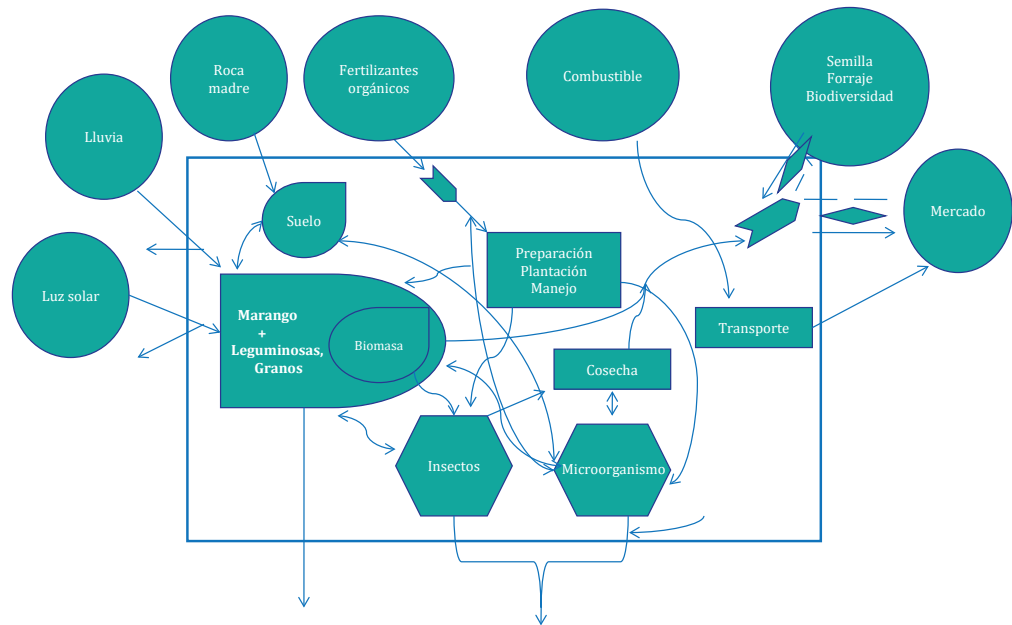
La influencia de las prácticas de manejo agroecológico y las tendencias en cuanto a estabilidad, biodiversidad y características químicas del suelo en el proceso de transición fue determinada por comparación con un sistema manejado de manera convencional.

Desde la base conceptual del proceso de conversión de sistemas manejados convencionalmente a sistemas agroecológicos, se estableció la ruta de transición que estuvo marcada por la sustitución de insumos inorgánicos (fertilizante completo, urea, cipermetrina para control de insectos; y glifosato y 2-4-D para el control de arvenses) a aplicación de compost, inclusión de leguminosas, y cobertura de estas como abono verde. Siendo la diversificación a través de policultivo, prácticas de rotación en el tiempo, y establecimiento de hábitat para biodiversidad funcional y biodiversidad auxiliar como actividades de rediseño del sistema.

La fase de rediseño fue considerada de carácter transversal en el proceso (tiempo) de manejo, bajo el principio de la *transformación continua* donde la manipulación de la estructura y diversidad de componentes promovió eficiencia para finalmente lograr estabilidad (con expresión en la diversidad de macrofauna del suelo y artrópodos) en el sistema, y cierto nivel en el manejo de las interacciones con miras a incrementar la diversidad, productividad y resiliencia.

Las interacciones promovidas estuvieron dirigidas al mejoramiento de la fertilidad y salud del suelo mediante el incremento de la diversidad de macrofauna por mayor calidad de la biomasa, y fertilización orgánica. Así mismo se promovió la diversidad de polinizadores y controladores biológicos (arañas) mediante el mantenimiento de corredores de arvenses, la eliminación de control mecanizado y químico de estas y entomofauna (figura 3, pág. 283).

Mediante este modelo agroecológico se diversificó las salidas tangibles del sistema que, a diferencia de únicamente semillas de moringa como producto de comercialización en un sistema convencional o monocultivo, proporcionó forraje y granos para la familia, para ganado bovino y ganado menor; y aún más importante desde la agroecología, se promovió servicios ambientales como conservación de biodiversidad, mejoramiento del suelo y posibilidades de adaptación a variabilidad climática.



**Figura 3.** Modelo de diseño agroecológico de *M. oleifera* en una unidad productiva de la Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. Autoría propia.

**Figure 3.** Agroecological desing model of *M. oleifera* at farm in Agrarian National University, Nicaragua. Own authorship.

La evaluación del efecto de las prácticas sobre las características químicas del suelo sugiere mayor calidad de este recurso en conversión agroecológica, mostrando de esta manera la tendencia del proceso expresada en características importantes como contenido de materia orgánica, carbono orgánico, nitrógeno y fósforo disponible; elementos que son esenciales para el sostenimiento de la biología del suelo y los rendimientos de cultivos (tabla 1, pág 282) (9).

Los cambios experimentados por el sistema bajo conversión agroecológica se identificaron también a nivel de la macrofauna edáfica, observándose en la composición taxonómica, con predominancia de Arthropoda, alta densidad de organismos en la profundidad 0 a 10 cm; valores de diversidad ( $D=0,43$ ,  $J=1,0$ ) y grupos funcionales mayormente modificadores del suelo. Las diferencias fundamentadas. Se encontraron en el origen del sistema, contenido de materia orgánica por diversificación, y prácticas de fertilización; pudiendo determinarse asociación entre la macrofauna del suelo y los organismos que interactúan con *M. oleifera* (33).

La composición de artrópodos en conversión agroecológica mostró mayor estabilidad (reflejada en los valores de diversidad) en los tres años de evaluación, en comparación con el manejo convencional. La proporción de fitófagos *versus* enemigos naturales y con potencial benéfico, registró un mejor balance en conversión agroecológica (48,2% fitófagos *vs* 45,4% entomofauna benéfica), en comparación con el sistema convencional (52,1% fitófagos *vs* 40,3% entomofauna benéfica).

Como resultado de la diversificación del sistema, el mantenimiento de corredores con arvenses y las características fenológicas de especies en conversión agroecológica se incrementó la diversidad de polinizadores de las familias *Vespidae* y *Apidae*. Díaz-Torres (2001) resalta el importante rol que juega este grupo desde el punto de vista del mantenimiento de la diversidad genética de cultivos, y el efecto de control por entomofagosis que ejercen sobre algunos insectos.

La presencia de cercas vivas y corredores de arvenses permitieron la presencia de depredadores como arañas de la familia *Saltisidae*, y la especie *Tailless whipscorpions*, reconocidos controladores de larvas e insectos.

Mediante análisis de adyacencia se determinó alta similitud de especies de artrópodos entre el área de conversión agroecológica y los hábitats adyacentes al sistema convencional demostrándose el efecto de las prácticas de manejo sobre la biodiversidad en los cultivos.

El rendimiento del cultivo principal (*M. oleifera*) fue ligeramente inferior en conversión agroecológica (72 kg/ha) solamente el primer año de cosecha, en comparación a 76 kg/ha en el sistema convencional. La diferencia se asocia a baja compatibilidad de moringa con *C. brasiliensis*, presentando valores superiores en los subsiguientes dos años, con 105,8 kg/ha en conversión agroecológica y 100,6 kg/ha en manejo convencional.

Otros beneficios del sistema agroecológico se refieren al rendimiento de las leguminosas en el asocio con moringa, las que resumen los siguientes valores: *Canavalia ensiformis* (2 t/MS/ha, y 68 kg/ha en semilla), *Canavalia brasiliensis* (2,6 t/MS/ha, y 35 kg/ha en semilla) *Cajanus cajan* (4 t/MS/ha) y *Vigna unguiculata* 364 kg/ha en semilla). De estos resultados es posible inferir un mejoramiento en el potencial de adaptación de productores de la zona seca a los efectos de variabilidad climática, tanto por las especies en el asocio con moringa, como por la diversificación en las opciones productivas o productos que se obtienen del sistema.

El carácter experimental de este ensayo, circunscrito a una unidad productiva de la Universidad Nacional Agraria, así como la evaluación enfocada principalmente a la determinación del efecto de las prácticas sobre parámetros biológicos-ambientales, limitó la documentación de aspectos socio culturales asociados al diseño y rediseño del sistema, y la toma de decisión de productores sobre dichos aspectos.

La poca tradicionalidad y/o experiencias nacionales en la producción de este cultivo, es uno de los factores que justifican su estudio bajo un modelo de agricultura sostenible, máxime porque recientemente está siendo considerado un cultivo industrializable, y prominente frente a condiciones de alta variabilidad climática en el corredor seco nicaragüense.

En la actualidad, a pesar de la existencia de una estrategia nacional para la producción, consumo y comercio de moringa, la producción de este cultivo es común entre pocos empresarios que controlan la cadena productiva, debido principalmente a su capacidad de garantizar capital monetario para la continuidad de la asistencia técnica, innovaciones en el manejo y transformación del cultivo y productos, y posibilidades de incursionar en mercados poco explorados por pequeños productores.

Los resultados del trabajo presentado en esta sección, demuestran la factibilidad de promover la inclusión de moringa en diseños agroecológicos, debido a su viabilidad bajo un esquema de producción de bajos insumos y manejo de las interacciones; permitiendo mantener la productividad del sistema, en comparación con el manejo convencional, y generar productos y servicios ecosistémicos complementarios. Es bajo este modelo que, pequeños productores agroecológicos de la zona seca de Nicaragua, pudiesen explorar mercados que premian producción inocua y con pocas externalidades ambientales negativas.

### **Sistemas agroecológicos con café como cultivo principal**

En la realidad nicaragüense el sistema café con sombra es frecuente a diferentes escalas. Sin embargo, desde el enfoque de la agroecología, su concepción como sistema agroecológico no se logra solamente al incorporar y/o mantener una alta diversidad de árboles y por tanto cobertura; sino que bajo los principios agroecológicos se deben fortalecer procesos ecológicos como el reciclaje de nutrientes y del agua, flujos de energía, y los mecanismos de regulación de poblaciones de organismos benéficos y nocivos.

La estrategia práctica para promover los diferentes procesos en el manejo de sistemas agroecológicos café con sombra es la regulación de la sombra. Este sistema se presenta bajo diferentes diseños cuyo arreglo en el tiempo involucra el cultivo de ciertas especies para sombra temporal en etapas iniciales del establecimiento del cultivo y otras para sombra permanente; mientras el arreglo espacial involucra la densidad de árboles y por tanto de la sombra; que en muchos casos varía entre 40% y 50% (27).

Resultados de una evaluación socioeconómica y ambiental en el trópico seco nicaragüense confirman una teoría de valoración superficial de los procesos ecológicos en sistemas de café con sombra, como agroecosistema, con principios agroecológicos en su manejo (29).

En el trabajo, los autores refieren únicamente, la sombra, disminución de la erosión y división de fincas, como principales beneficios del sistema; sin profundizar en las implicaciones del logro de estos servicios. Una fuerte tendencia sobre el análisis de la funcionalidad del componente arbóreo en cafetales, ha sido hacia la documentación de usos como

beneficios tangibles (madera, leña, frutos, entre otros) más que la identificación y/o estimación de servicios ambientales; siendo la excepción trabajos enfocados a la obtención de certificación de producción orgánica.

Al respecto, Morán *et al.* (2014) cuantificaron un menor beneficio por ingreso económico de los productores con sistemas de café con sombra, al comparar dicho indicador con los obtenidos por productores con otros sistemas como silvopastoriles y manejo de bosque con regeneración natural, siendo la causa común de este resultado, poca asistencia técnica para el continuo mejoramiento y/o rediseño del sistema, baja integración familiar, y cierta marginalidad de las unidades productivas.

Esta experiencia da cuenta de que “En Nicaragua, la crisis de la caficultura ha tenido efectos negativos múltiples. Las familias productoras de pequeña escala han perdido una parte importante de su ingreso vía el precio del producto, y las opciones de empleo se han reducido notablemente en las fincas grandes. La crisis del sector queda de manifiesto en la quiebra de muchos productores” (29). Es producto de esta condición, que algunos pequeños caficultores, han tenido que transitar hacia un modelo de producción con principios de agroecología, convirtiéndose en referencia o faros agroecológicos.

En una sistematización de experiencias sobre manejo agroecológico en Chiapas-México, es posible hacer un abordaje de la tradicionalidad y visión agroecológica de los productores de café a pequeña escala, quienes han desarrollado sistemas agroecológicos complejos que incluyen el cultivo de café intercalado con frutales y árboles leguminosos de sombra.

Como efecto benéfico, la erosión es controlada mediante terrazas y una capa protectora de mulch formada por la acumulación de hojarasca. Al observar que la retención de hojarasca reduce la pérdida de suelo de la capa superficial, muchos agricultores construyen terrazas con cercas vivas de arbustos para retenerla. Comúnmente los agricultores tienen un conocimiento detallado sobre los beneficios de las hojas de distintas formas y tamaños y sobre lo que aporta cada una a la preservación de la capa superior del suelo cuando actúa dentro de la capa protectora de mulch (18).

En relación con la caracterización de elementos de sostenibilidad de agroecosistemas cuya base es el cultivo de café en la cordillera central de los Andes. Machado *et al.* (2015) presenta una propuesta metodológica basada en tres dimensiones, siendo la primera la económica cuyos atributos principales fueron: seguridad alimentaria expresada no solamente en la producción de alimentos en el agroecosistema, sino también en acceso a centros de distribución de alimentos por comercialización de otros bienes provenientes del sistema; además bajo riesgo económico relacionado con alta diversidad de cultivos e independencia de insumos.

Los resultados de la caracterización en cuestión sugieren una alta condición de seguridad alimentaria por el grado de diversificación tanto de cultivos (café, cacao, caña de azúcar, plátano y frutales), como de animales (aves y peces) de los sistemas; un buen equilibrio de la productividad y bajo riesgo económico, aun con bajos rendimientos del café; otros con economía basada en la producción de café y un único canal de comercialización fueron clasificados en riesgo económico.

La segunda dimensión abordada es la técnico-productiva, vinculada con la gestión de la capacidad biológica del suelo para sustentar la salud del cultivo como estrategia para incrementar la productividad del sistema. En cuanto a la salud del cultivo se enfatizó en la diversidad genética (se reporta alta frecuencia de tres variedades de café) y especies cultivadas, así como la existencia de vegetación circundante como fragmentos de bosques, cercas vivas, campos agrícolas, pastizales con árboles, entre otros; componentes estos que garantizaron un ensamblaje integral y funcionalidad de la biodiversidad.

La mayor calidad del suelo y salud del cultivo fueron registrados en los cafetales con alta asociación de cultivos, uso de abonos verdes y alta diversidad genética.

La tercera dimensión, y no menos importante fue la dimensión social, la que se centró en los indicadores tenencia de la tierra como elemento de aseguramiento de reproducción social de la familia campesina; y en la misma línea la capacidad de construcción de redes o tejidos sociales propiciados por la actividad productiva, y cuyas ventajas derivaron en la adquisición de mano de obra, intercambio de experiencia con fines de innovación y mejoras hacia el sistema, servicios, entre otros.

Desde el punto de vista de la tenencia de la tierra, la legalidad facilitó el acceso a fuentes de crédito; mientras el indicador asociado a la existencia de redes sociales demostró el valor de la parentela o el aporte del trabajo en familia para la construcción de entes comunales claves en la intensificación de mecanismos de reciprocidad, colaboración, resiliencia social y apoyo institucional.

Cohérente con las dimensiones analizadas en el caso anterior, Vilaboa *et al.* (2006) proponen un enfoque metodológico para el estudio profundo de las opciones sostenibles en la cañicultura; inclinándose por el “enfoque de medios de vida”, que en sus fines permite reconocer las necesidades del sistema de producción, la definición de alternativas y la adaptación de tecnologías para el diseño e implementación de los planes de finca.

Los autores Tonolli (en prensa) y Vilaboa *et al.* (2006), resaltaron indicadores asociados a elementos de sostenibilidad en lo socioeconómico como lo son: salud, seguridad alimentaria, racionalidad campesina, paquetes tecnológicos adecuados a la realidad local, acceso a mercados entre otros (21).

Con base en el enfoque de medios de vida, Villanueva *et al.* (2011) establecieron los lineamientos que desde la racionalidad campesina han sido comunes a sistemas de café con visión de sostenibilidad; contando entre dichos lineamientos: la diversificación de la finca para mejorar las opciones de ingreso familiar, fortalecimiento de las bases biológicas-ecológicas para lograr la funcionalidad de los componentes del ecosistema, incrementar la integración familiar para el mejoramiento de la productividad en términos de agroecología, la incorporación de la valoración de servicios ambientales, que incrementen el capital natural de las unidades productivas.

### **Los sistemas silvopastoriles como base para una ganadería sostenible**

Los sistemas silvopastoriles (SSP) son sistemas agroforestales diseñados y manejados para la producción de árboles y de sus productos, como el forraje para el ganado, mediante el cual los árboles y la pastura se manejan como un sistema integrado (40); siendo el grado de integración uno de los atributos que acerca este tipo de sistema de uso de la tierra a enfoques como la agroecología.

Como parte de una visión de sistema, Murgueitio *et al.* (2014) proponen un modelo ganadero productivo denominado sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi), en los cuales, la visión de sostenibilidad se fundamenta mediante una *intensificación con generación de servicios ambientales* en el manejo de los elementos de los paisajes ganaderos, y en cuya configuración, predominan en forma simultánea bosques nativos para conservación, humedales, sabanas naturales, áreas en sucesión vegetal, cercas vivas, bancos forrajeros, pastoreo en plantaciones, entre otros; siendo la configuración de la matriz del paisaje el factor clave para lograr la intensificación (30).

En los SSP, el ganado es un componente fundamental; por ello es necesario desde la perspectiva agroecológica comprender los efectos del pastoreo sobre la composición y la función del sistema y los mecanismos por los cuales se producen cambios. La evidencia acumulada por la ecología sobre las relaciones entre los herbívoros y la vegetación constituye un marco de referencia teórico sólido para entender los principios fundamentales de los efectos de los herbívoros sobre los procesos del ecosistema a distintos niveles y, en particular, sobre la vegetación a nivel de la planta individual, de las poblaciones y de las comunidades de especies (40).

El análisis de los diseños agroecológicos basados en sistemas agroforestales para alimentación animal puede complejizarse en la medida que el flujo de energía en el sistema sea visualizado como indicador de eficiencia y sostenibilidad; como aspectos complementarios a las interacciones de componentes en el sistema.

La ganadería ecológica es una alternativa pecuaria, más respetuosa, con objetivos de sostenibilidad donde la calidad del producto y su inocuidad, el respeto a la salud pública, al bienestar animal, sus razas autóctonas y medio ambiente es lo más importante (13). Se sugiere la necesidad de reconocer que dentro de las prácticas promovidas está la utilización de especies o razas adaptadas que favorecen la productividad del sistema (31); complementariamente la mejora en el agrosilvosistema anula la contaminación ambiental, recupera la eficiencia de los ciclos de materia orgánica e inorgánica, dinamiza los flujos de energía y optimiza el biodinamismo de los suelos y reduce la erosión.

Casos referenciados en la literatura, identificaron los elementos asociados a diseños o modelos de producción pecuaria estrechamente vinculados a la agroecología (16, 48) entre los estratégicos se destacan:

- Diversificación de componentes en el sistema (especies animales y vegetales) que incrementa la producción continua y la alternancia en la oferta hacia mercados locales y nacionales.
- Diversificación de opciones alimentarias para incrementar el grado de conversión alimenticia del ganado.
- Eficiencia en el aprovechamiento del área, a través de la promoción de un uso intensivo o semi-intensivo del sistema, en contraposición al uso extensivo. La carga animal es soportada mediante el uso de pastos y forrajes balanceándose según la carga del sistema al elevar la eficiencia y producción por unidad de área.
- Integración de la agricultura a las actividades pecuarias y viceversa, con el objetivo de crear complementariedad de las producciones, para un eficiente reciclaje de materiales, nutrientes y energía aplicables en uno u otro sistema productivo (cierre de ciclo de nutrientes y energía). La inclusión de cultivos incrementa la eficiencia energética y la capacidad de producción de proteína, el uso de recursos naturales, así como la efectividad económica a una menor fuerza de trabajo a través del tiempo (11).
- Baja dependencia, alta autonomía (autonomía laboral, autonomía alimentaria y autonomía económica) y por tanto alta resiliencia a factores bióticos, abióticos y antrópicos externos.

El bienestar animal está íntimamente ligado al concepto de sostenibilidad en sistemas silvopastoriles y ganadería ecológica (34), siendo así, el bienestar animal debe ser un principio más dentro de la dinámica de diseño y manejo de sistemas agroecológicos, considerándose un indicador para el fomento de la seguridad alimentaria desde el punto de vista del principio de la inocuidad de los alimentos.

Las prácticas sostenibles relativas a los sistemas silvopastoriles y su relación con el bienestar animal, pueden partir del efecto de la inclusión de cobertura arbórea en pasturas sobre la termorregulación de los animales, esperando como efecto complementario una disminución en la tasa metabólica al utilizar menos energía para reducir el estrés calórico.

Otro ejemplo de bienestar animal mencionado por Noguera-Talavera *et al.* (2017), promovido a través de prácticas pecuarias de bajos insumos se menciona la eliminación de excesiva fertilización nitrogenada de pastizales, disminuyendo así el potencial de intoxicación por nitritos y tetanias por desbalance de minerales.

Los autores resaltaron los beneficios de los SSPi para la mitigación y adaptación frente al cambio climático, que con base en el principio de la *intensificación ganadera con generación de servicios ambientales*, promueven eficiencia en la relación unidad de superficie y productividad (30).

La diversificación de componentes influye en una alta funcionalidad de fuentes primarias, y por tanto altas tasas fotosintéticas y menores emisiones, generando un apropiado manejo del agua superficial y conservación del manto acuífero (por incremento en la densidad arbórea en pastizales) y presencia de biodiversidad funcional que hace eficiente los procesos de descomposición, incorporación y reúso de materia orgánica en el sistema.

### **Los diseños agroecológicos y su distribución a escala superior a la finca**

Se han analizado en las secciones anteriores los casos de sistemas agroecológicos a escala de parcela y unidad productiva, cuyos procesos ecológicos pueden ser modelados y analizados por el límite y los factores de influencia que presentan dichos sistemas, aún así, son reconocidos porque se constituyen en unidades básicas a partir de las cuales se proyecta el manejo y evaluación a mayor escala, complejizando el análisis el factor población humana, que presiona con mayor intención y frecuencia los recursos de su entorno.

A nivel de parcelas o fincas, las estrategias de diseño y manejo de los sistemas representan la diversidad de opciones para alcanzar la sostenibilidad, así como los vacíos en políticas públicas, y los mecanismos que con frecuencia limitan a productores alcanzar metas comunes, identificándose en dicha diversidad la oportunidad de visualizar la cuenca, el paisaje o el territorio como entidades complejas, pero a la vez resilientes por la diversidad de manifestaciones ecosistémicas y tecnológicas que debe seguir patrones de mante-

nimiento de la biodiversidad y servicios ambientales (21).

El análisis, a una escala mayor a la de parcela, o unidad productiva asume el reto de mantener la perspectiva sobre los procesos ecológicos, y la funcionalidad de la planificación con visión de sostenibilidad como alternativas para promover la permanencia e integración de cuencas y paisajes, a la visión agroecológica.

Entre la diversidad de alternativas de análisis de los sistemas agroecológicos a escala superior a la parcela o la finca, los niveles territorios y paisajes han sido evaluados desde la comprensión del grado en que la fragmentación del paisaje influye en la viabilidad de las poblaciones de enemigos naturales en agroecosistemas; principalmente asociado a la abundancia y distribución de artrópodos, una opción para destacar la importancia de la agrobiodiversidad como impulso a los servicios ambientales.

Estudios de los procesos biológicos dentro del paisaje promueven la reintroducción de biodiversidad en monocultivos de gran escala, facilitando, la reestructuración de agrosistemas para su conversión a un manejo agroecológico (32).

En una dimensión más amplia, García *et al.* (2012), plantean que bajo un enfoque de territorio, el análisis de los diseños agroecológicos asociados a masas forestales deben partir de la valoración del potencial de los sistemas para la conservación de espacios naturales; y su integración a las dinámicas de otros componentes productivos como agricultura, ganadería e industria; debiendo apuntar hacia la evaluación de los sistemas agrícolas dentro de los sistemas naturales; siendo, un indicador pertinente a este nivel, la conectividad entre los sistemas (35). En esta escala los procesos ecológicos tendientes a la elaboración de un nuevo diseño agroecológico deben involucrar el análisis de atributos como disminución del régimen y riesgo de disturbios, patrones de endemismo y en general, distribución de las especies, proceso de fragmentación, tamaño de poblaciones, entre otros.

Al interrogante ¿Cuál es el punto de encuentro entre la agroecología y el ordenamiento territorial?, Migliorati (2016), pone en contexto una serie de procesos y aspectos estructurales que permiten entender el alcance de la agroecología en la planificación y configuración del territorio. El punto clave está en definir al momento de la planificación del territorio usos inteligentes de los servicios ecosistémicos (funcionalidad) que son estratégicos para la agroecología (28, 43). La visión de sistema (presencia de diferentes unidades ecogeográficas) es desde el punto de vista de configuración, el elemento de mayor ponderación, cuya expresión en políticas de desarrollo conlleva a la implementación de manejo sustentable de recursos naturales bajo los principios de organización social y participación.

Aun bajo una visión integradora entre agroecología y planificación territorial, la falta de consenso mencionada por Ferguson (2009), entre conservacionistas tradicionales enfocados más en las extinciones locales de especies por pérdida de grandes masas de bosque, en lugar de la promoción de mecanismos de restauración para facilitar la migración de poblaciones entre fragmentos para balancear a través de la migración la extinción local; y agroecólogos, es de alguna manera resuelto al analizar resultados presentados por Harvey y Sáenz (2008). En cuanto a que a nivel de paisaje la agricultura campesina diversificada, con expresión en sistemas agroforestales como las milpas, los cafetales tradicionales manejados con sombra de montaña, y los sistemas silvopastoriles contribuyen a la formación de una matriz de paisaje de alta calidad, facilitando así el proceso de migración de especies como factor en los programas de conservación de la biodiversidad.

Desde una perspectiva agronómica, para la producción agrícola de interface urbano-rural “la agroecología viene a ser una propuesta sumamente enriquecedora y para desarrollar todo su potencial, debe ser entendida tanto como una ciencia, como una práctica y como un cambio cultural (28), hacia una agricultura intensiva con base en sistemas agroalimentarios locales y acceso a mercados con precios justos.

Complementario a los procesos ecológicos medibles bajo el enfoque de territorio y paisaje, Venegas (2009) referencia la estrategia agroecológica en el archipiélago de Chiloé, Chile centrada en puntos claves como: mejoramiento en la capacidad de los productores para manejo sustentable de recursos naturales para acceder a mercados locales; transformación productiva para mejorar la productividad y competitividad frente a condiciones económicas complejas; transformación institucional para mejorar la relación entre protagonistas y entidades acompañantes, creando así relaciones armónicas entre el nivel comunitario-local; y finalmente incremento de la oferta de cultivos no tradicionales y agroin-



dustria para dinamizar el mercado local.

Para la construcción de una estrategia agroecológica a nivel de territorio, Venegas (2009) utiliza el enfoque que él mismo denomina Desarrollo del Territorio Rural con Identidad Cultural (DTR-IC), el que define como “Una continuidad de un modelo de acción agroecológica, al cual se le adiciona de forma explícita y articulada la dimensión de la *identidad cultural*”; mostrando a esta último factor como eje motor de resultados claves en Chiloé: la revalorización de las actividades productivas como ganadería ovina tradicional, artesanía, capacidad de asociatividad e interlocución para obtener fondos, incorporación de productores a actividades alternativas como turismo rural, entre otros.

Otra escala de interés es la cuenca, que por la dimensión y número de componentes representa una importante complejidad para visualizar principios como integración y funcionalidad; el que desde la perspectiva de lo social involucra elementos de control social y gobernanza (comité de cuenca) para alcanzar las metas de funcionalidad y sostenibilidad basadas en sistemas agroecológicos. Por otro lado, desde el punto de vista económico, el fortalecimiento de cadenas de valor permite visibilizar las dinámicas productivas como ejes de desarrollo; paralelamente la evaluación ecológica debe considerar indicadores como: Transformabilidad, regeneratividad (potencial para la restauración), carga ambiental, diversidad y distribución espacial de elementos naturales, fuentes y dinámica de energía y servicios ambientales.

### **Implicaciones de la evaluación de los sistemas agroecológicos**

En relación con la evaluación del impacto de los sistemas agroecológicos y sus diseños, un aspecto estratégico es que estos parten del grado de comprensión con que el productor aborda el manejo productivo (tipos y función de la biodiversidad), y su complejidad (mercados, recursos, contexto climático, entre otros). Es con base en esta teoría que iniciativas como evaluaciones agroecológicas u otras dirigidas a la certificación de unidades agroecológicas más que caracterizar mediante descripciones o valoraciones cualitativas de los componentes de los sistemas; deberían apuntar a la profundización del entendimiento de los ecosistemas con sus procesos ecológicos y socio-productivos como puntos que aportan a la sostenibilidad; siendo el sistema “biofinca” un enfoque de corte participativo para diagnosticar, innovar y reconocer los procesos en sistemas agroecológicos.

Como parte de los procesos socio-productivos relacionados con los sistemas agroecológicos es pertinente analizar el nivel de independencia vinculada a los conceptos autosuficiencia, autonomía y soberanía tanto de insumos, como de otros cultivos; partiendo desde el nivel de la finca como a nivel de la localidad y el territorio donde diferentes instituciones promueven la agroecología como base de desarrollo; ampliando así la utilidad de esta evaluación al desarrollo de estrategias de resiliencia y soberanía y seguridad alimentaria y nutricional; así como del impacto y eficacia real de los programas institucionales dirigidos a promover o mejorar la sostenibilidad.

Desde la perspectiva de la efectividad de prácticas agroecológicas para la conservación de la biodiversidad Griffon *et al.* (2010) sugieren que la evaluación debe dirigirse a la identificación del grado en que las prácticas aportan al establecimiento de dinámicas metapoblacionales en parches de vegetación no alterada dentro de la matriz de paisajes.

Al medir la sostenibilidad de los sistemas agroecológicos, Villanueva *et al.* (2011) resalta la necesidad de vincular dicho indicador con otros como la autonomía y la independencia, asumiendo así que entre más alta sean la independencia y el nivel de autosuficiencia mayor será el grado de autonomía y autodependencia del agroecosistema; enfatizando que “Mayor autonomía no significa mayor competitividad económica, pero si mayor capacidad de amortiguar impactos externos, como el aumento de precios de los insumos”, que comúnmente representan más del 70% de los costos de producción en unidades altamente dependientes de insumos externos.

Dentro de este espectro se encuentra el *principio de la mejora continua* practicado por productores de MAONIC en Nicaragua. Dicho principio consiste en una continua reflexión sobre la efectividad *para la sobrevivencia* de las prácticas implementadas en los sistemas productivos (4, 38), basada dicha reflexión en cambios en el entorno. Constituyéndose este actuar en una fuente continua de innovación *basada en construcción o aprendizaje local* que genera un perfeccionamiento continuo de los sistemas agroecológicos; así, el nuevo paradigma impuesto por el desarrollo de la agroecología también implica un nuevo enten-

dimiento de los procesos de innovación (4).

Bajo este precepto de *mejora continua* es posible entender la dinámica o ruta de transición a seguir por productores con diferentes visiones hacia una conversión de sus sistemas convencionales u orgánicos a sistemas agroecológicos, pudiendo dicha ruta marcar el tiempo, recursos y por tanto la eficacia del proceso de conversión.

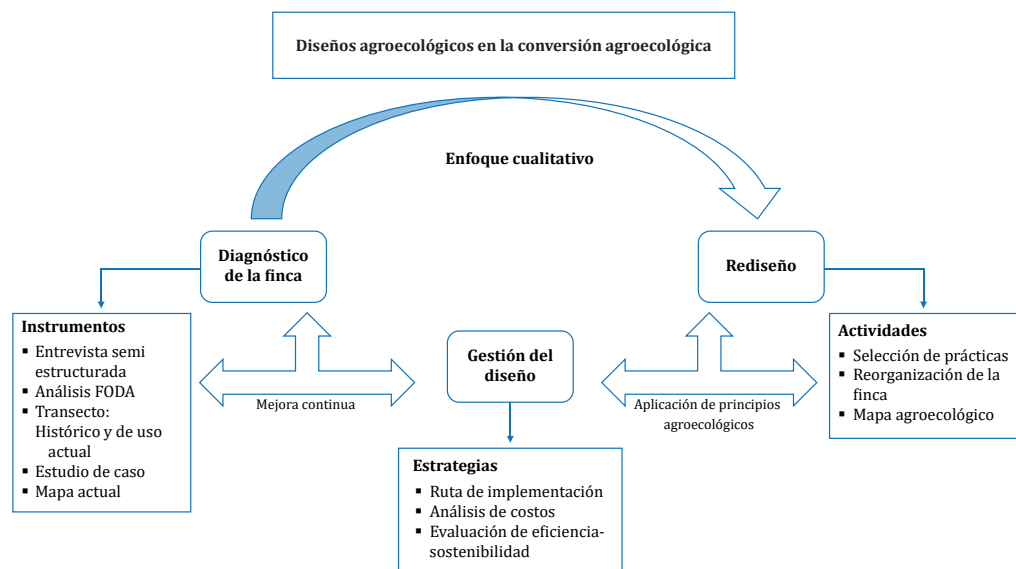
La figura 4 presentada a continuación, representa una propuesta metodológica para evaluar diferentes fases del proceso de implementación de diseños agroecológicos en unidades productivas en conversión en comunidades de Nicaragua.

Bajo el principio de multidisciplinaridad de la ciencia agroecología se proponen una serie de fases con objetivos e instrumentos de evaluación que conllevan a la integralidad del análisis de los diseños en sus distintas variantes o arreglos, estructura y estado de avance de la transición.

La fase de diagnóstico tiene como objetivo “determinar usos de suelo y relación entre usos de suelo en sistemas productivos” para así contar con un referente que oriente las acciones de prioridad para el inicio de la transformación de los sistemas.

En esta primera fase, el proceso ha sido guiado por métodos e instrumentos propios del enfoque cualitativo como son entrevista, análisis FODA, transecto histórico, transecto ecológico, entre otros (figura 4). Al respecto, López (2012) resalta las implicaciones de la praxis agroecológica como medio de extensión rural; siendo algunas de ellas: ser un instrumento que facilita la participación del productor en el diseño y mejora de la producción agrícola, propicia empoderamiento tanto para el diagnóstico como para investigación de la efectividad de diseños agroecológicos, genera sinergias y colaboraciones entre productores, consumidores y comercializadores; y finalmente un proceso de regeneración social que se basa en el principio de responsabilidad compartida.

El rediseño desde la práctica tiene como objetivo “construir un modelo productivo integral y sostenible” basado en las potencialidades biofísicas de la unidad de interés, así como potencialidades socioeconómicas y culturales de los protagonistas en cada escala. En esta fase, las actividades que han predominado han tenido como base la aplicación de principios agroecológicos, siendo la dinámica la priorización de prácticas sostenibles, reorganización del sistema en función de una mayor integralidad de procesos ecológicos e inte-



**Figura 4.** Propuesta metodológica para el monitoreo y evaluación de la conversión hacia agroecología, de sistemas de producción agropecuaria. **Autoría propia.**

**Figure 4.** Methodological proposal to monitoring and evaluation agroecological conversion of production systems. **Own authorship.**

racción entre los usos de suelo.

La gestión del diseño ha sido evaluada tomando como punto de partida la definición de estrategias de mantenimiento, monitoreo y determinación de la efectividad. El objetivo que resalta es “definir prioridades sobre la implementación y evaluación de prácticas agroecológicas” con visión de sostenibilidad; siendo los focos de la evaluación, una ruta lógica de implementación del diseño, el análisis de costos que soporte la viabilidad técnica del diseño; y un sistema de indicadores de sostenibilidad y eficiencia a largo plazo.

## CONCLUSIONES

Aun cuando los sistemas agroecológicos en su conjunto cuentan con una gama de diseños, tienen diferentes dimensiones espaciales y temporales, y alternativas de expresión; es importante no perder de vista los elementos ecológicos y sociales de los que parte la fundamentación de la agroecología, los que van más allá de la promoción de una práctica o conjunto de prácticas; mientras muchos de los atributos a evaluar son entendidos de manera diferentes por los investigadores y actores locales, quienes forman la base práctica para la construcción y aún más, la evaluación y transformación de los sistemas agroecológicos.

Los sistemas agroecológicos no deben ser entendidos como una meta que se alcanza con un conjunto de diseños y prácticas, sino como un estado fundamentado en principios de continua transformación o mejora hacia sistemas adaptados y resilientes expresados a nivel de finca, paisaje o sistemas organizacionales y de mercados que contribuyen a la sostenibilidad dentro de un contexto agrícola de alta competitividad, intereses sectoriales, entre otros.

Es conveniente resaltar que en la profundización de los sistemas agroecológicos es posible identificar una serie de dimensiones que van más allá de las evaluaciones económicas y técnicas, interiorizando así en elementos de la cultura y cosmovisión de las familias campesinas sobre la actividad productiva y su relación con la conservación del medio ambiente.

Aunque con arreglos temporales y espaciales distintos, los sistemas agroecológicos, son entidades vivas y, por tanto, su evaluación debe seguir lineamientos relacionados con procesos de diversificación, productividad ecosistémica, distribución equitativa de los beneficios, seguridad alimentaria e igualdad; siendo dichos indicadores ajustables a las dinámicas de investigación cualitativa, cuantitativa, e investigación-acción.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Altieri, M. A. 2001. Agroecología: Principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables. En: Altieri, M. A. (Ed.). *Agroecología: principios y estrategias para diseñar una agricultura que conserva recursos naturales y asegura la soberanía alimentaria*. Universidad de California. Berkeley. 12-19.
2. Altieri, M. 2009. El estado del arte de la agroecología: Revisando avances y desafíos. En: Altieri, M. A. (Ed.). *Vertientes del Pensamiento Agroecológico: Fundamentos y Aplicaciones*. SOCLA. Medellín. Colombia. 69-94.
3. Altieri, M. A.; Nicholls, C. I. 2012. Agroecology scaling up food sovereignty and resiliency. *Sustainable Agriculture Reviews*. California, U.S.A. Springer Business Media. 1-29.
4. Berthet, E. T. A.; Barnaud, C.; Girard, N.; Labatut, J.; Martin, G. 2016. How to foster agroecological innovation? A comparison participatory design methods. *Journal of Environmental Planning and Management*. DOI: 10.1080/09640568.2015.1009627.
5. Bustillo, G. L.; Martínez, J. P.; Osorio, F.; Salazar, S.; González, I.; Gallardo, F. 2009. Grado de sustentabilidad del desarrollo rural en productores de subsistencia, transicionales y empresariales, bajo un enfoque autopoietico. *FCV-LUZ*. 19(6): 650-658.
6. Casanova-Pérez, L.; Martínez-Dávila, J. P.; López-Ortiz, S.; Landeros-Sánchez, C.; López-Romero, G.; Peña-Olivera, B. 2015. Enfoques del pensamiento complejo en agroecosistemas. *Interciencia*. 40(3): 210-216.
7. Díaz-Torrez, I. 2001. Reseña de los insectos polinizadores y sus perspectivas de utilización en agroecosistemas. *Fitosanidad*. 5(2): 49-62.
8. Ferguson, B. G.; Morales, H.; González, A.; Iniguez, F. J.; Martínez, M. E.; McAfee, K.; Nigh, R.; Perfecto, I.; Philpott, S. M.; Soto, L.; Vandermeer, J.; Vidal, R. M.; Ávila, L. E.; Bernardino, H.; Realpozo, R. 2009. Bosques, Agricultura y Sociedad: Cultivando nuevas alianzas. En: Altieri, M. A. (Ed.). *Vertientes del pensamiento agroecológico: Fundamentos y aplicaciones*. Sociedad

- Científica Latinoamérica de Agroecología. 183-207.
9. Ferraras, L. A.; Toresani, S. M. I.; Faggioli, V. S.; Galarza, C. M. 2015. Sensibilidad de indicadores biológicos edáficos en un Argiudol de la Región Pampeana Argentina. *Spanish Journal of Soil Science*. 5(3): 220-235.
  10. Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario y Forestal de Nicaragua (FUNICA). 2012. Estado actual, oportunidades y propuestas de acción del sector agropecuario y forestal en Nicaragua. FUNICA. 84 p.
  11. Funes-Mozonte, F. 2007. De la especialización ganadera a la ganadería agroecológica: Experiencias Cubanas en investigación y producción. *Rev. Bras. de Agroecología*. 2(2): 1761-1764.
  12. García, P. S.; Montoya, I. A.; Montoya, L. A. 2012. Propuesta de un diseño agroecológico para un Parque Natural Multifuncional: Finca Agualinda, Vereda Olarte en Usme. Bogotá D.C. Colombia. *Revista de la Facultad Nacional de Agronomía*. Medellín. 65(1): 6407-6417.
  13. García, R. C.; Bidarte, I. A. 2004. Manejo sanitario en ganadería ecológica. *Ganadería Ecológica*. (6): 16-22.
  14. Gliessman, S. R. 2002. *Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sostenible*. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 359 p.
  15. Gliessman, S. R.; Rosado-May, F. J.; Guadarrama, C.; Jedlicka, J.; Méndez, V.; Cohen, R.; Trujillo, L.; Bacon, C.; Cohn, A.; Jaffe, R. 2007. *Agroecología: Promoviendo una transición hacia la sostenibilidad*. Ecosistemas. 16 (1): 13-23.
  16. González, E. A.; Funes, F. 2013. Integración Ganadería-Agricultura en una pequeña finca familiar. CCSF José Santiago Ercilla, Las Tunas. IV Congreso Latinoamericano de Agroecología. En: Altieri, M. A.; S. Sanrandon; C. F. Morales; S. Siura (Eds). *Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología*. Lima. Perú. 1-11.
  17. Griffon, D.; Alfonzo, D.; Hernández, M. J. 2010. Sobre el carácter multifuncional de la agroecología: El manejo de la matriz agrícola y la conservación de especies silvestres como sistemas metapoblacionales. *Agroecología*. (5): 23-31.
  18. Grossman, J. 2007. La comprensión de los procesos del suelo entre productores. *LEISA. Revista de Agroecología*. 22(4): 29-30.
  19. Gudiño, M. E. 2018. Regulación del mercado para conservar suelo agrícola. Interfaz urbano-rural, zona metropolitana de Mendoza, Argentina. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina*. 50(2): 155-172.
  20. Harvey, C.; Sáenz, J. 2008. *Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica*. Editorial INBio. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. 624 p.
  21. Hernández Hernández, M. L.; Gallardo Cobos, R.; Dios-Palomares, R.; Martínez Pellégrini, S. E. 2018. An application of network theory to territorial analysis: The case of Yaqui Valley networks (2006 and 2016). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina*. 50(2): 311-329.
  22. León, S. T. E. 2009. *Agroecología: Desafíos de una ciencia ambiental en construcción*. *Agroecología*. (4): 7-17.
  23. León-Sicard, T. E.; Córdoba, C.; Cepeda-Valencia, J. 2015. Aplicaciones recientes de la Estructura Agroecológica Principal (EAP) en Colombia. V Congreso Latinoamericano de Agroecología. Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología. La Plata, Argentina.
  24. López, D. 2012. *Extensión rural agroecológica. Praxis participativas para la transición agroecológica*. Tesis doctoral. Universidad de Madrid. 230 p.
  25. Machado, V. M. M.; Nicholls, C. I.; Márquez, S. M.; Turbay, S. 2015. Caracterización de nueve agroecosistemas de café de la cuenca del río Porce, Colombia, un enfoque agroecológico. *IDESIA*. 33(1): 69-83.
  26. Martínez, C. R. 2002. *Agroecología: Atributos de sostenibilidad*. *InterSedes*. 3(5): 25-45.
  27. Méndez, E. V.; Bacón, C. H. M. 2007. Procesos ecológicos y medios de vida agrícolas en el cultivo de café bajo sombra. *LEISA. Revista de Agroecología*. 22(4): 26-28.
  28. Migliorati, M. 2016. *Agroecología, una alternativa viable*. *Actualidad en I+D*. 42(3): 226-233.
  29. Morán, M. B.; Herrera, A. López, B. K. 2014. Evaluación socioeconómica y ambiental de tres tipos de sistemas agroforestales en el trópico seco Nicaragüense. *Agroforestería y sistemas silvopastoriles*. *Revista Científica de FAREM-Estelí*. 11(3): 13:26.
  30. Murgueitio, R. E.; Chará, J. D.; Solarte, A. J.; Uribe, F.; Zapata, C.; Rivera, J. E. 2013. Agroforestería pecuaria y sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) para la adaptación ganadera al cambio climático con sostenibilidad. *Rev. Colomb. Cienc Pecu*. 26: 313-316.
  31. Murgueitio, R. E.; Chará, J. O.; Barahona, R. R.; Cuartas, C.; Naranjo, J. 2014. Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi), herramienta de mitigación y adaptación al cambio climático. *Tropical and subtropical agroecosystems*. 17(3): 501-507.
  32. Nicholls, C.; Altieri, M. 2002. Biodiversidad y diseño agroecológico: un estudio de caso de manejo de plagas en viñedos. *Manejo integrado de plagas y Agroecología (Costa Rica)*. 65: 50-64.
  33. Noguera-Talavera, A. J.; Reyes-Sánchez, N.; Mendieta-Araica, B.; Salgado, M. M. 2017. Macrofauna edáfica como indicador de conversión agroecológica de un sistema productivo de *Moringa oleifera* Lam. en Nicaragua. *Pastos y forrajes*. 40(4): 265-275.
  34. Ocampo, A.; Cardozo, A.; Tarazona, A.; Ceballos, M. C.; Murgueitio, E. 2011. La investigación participativa en bienestar y comportamiento animal en el trópico de América: Oportunidades para nuevo conocimiento aplicado. *Rev Colomb Cienc Pecu*. 24(3): 322-346.
  35. Perfecto, I.; Vandermeer, J.; Wright, A. 2009. *Nature's Matrix. Linking agriculture, conservation and*

- food sovereignty. Ed. Earthscan. London. Sterling. 242 p.
36. Programa MIDAS-USAID-Universidad de Antioquia. 2011. Los diseños agroecológicos: Una herramienta para la planeación agrícola sostenible. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 71 p.
  37. Rojas, W. A. 2009. Policultivos de la mente: Enseñanzas del campesinado y de la agroecología para la educación en la sustentabilidad. En: Altieri, M. A (Ed.). Vertientes del pensamiento agroecológico: Fundamentos y aplicaciones. Sociedad Científica Latinoamérica de Agroecología. 157-182.
  38. Rosset, P. 2014. Fundamentos de Agroecología. Universidad Nacional Agraria (UNA), (Eds). UNA. Ceremonia de Apertura de Doctorado en Agroecología, periodo 2014-2018. Managua. Nicaragua. [video].
  39. Ruiz-Rosado, O. 2006. Agroecología: una disciplina que tiende a la transdisciplina. *Interciencia*. 31(2): 140-145.
  40. Rusch, G.; Skarpe, Ch. 2009. Procesos ecológicos asociados con el pastoreo y su aplicación en sistemas silvopastoriles. *Forestaría en las Américas*. (47):12-19.
  41. Salmerón, F; Valverde, O. 2016. Agricultura sostenible para enfrentar los efectos del cambio climático en Nicaragua. En: Vivas, E. A.; N. O. López (Eds.). Agricultura sostenible para enfrentar los efectos de cambio climático en Nicaragua. Friedrich-Ebert-Stiftun. Managua, Nicaragua. 9-24.
  42. Souza-Casadinho, J. 2010. La estrategia agroecológica y sus tecnologías como herramientas para adaptarse y mitigar el cambio climático en la producción de alimentos. Congreso y Exhibición mundial Ingeniería Argentina. Buenos Aires. Argentina. 1-9.
  43. Tiftonell, P. 2014. Ecological intensification of agriculture-sustainable by nature. *Current opinion in Environmental Sustainability*. 8: 53-61.
  44. Tonolli, A. J. (en prensa). Propuesta metodológica para la obtención de indicadores de sustentabilidad de agroecosistemas desde un enfoque multidimensional y sistémico. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina.
  45. Vásquez, M. L. L.; Matienzo, Y. 2010. Metodología para la caracterización rápida de la diversidad biológica en las fincas, como base para el manejo agroecológico de plagas. INISAV. Ciudad de La Habana, Cuba. 28.
  46. Vásquez, M. L. L.; Matienzo, Y.; Simonetti, J. A.; Rubio, M. V.; Paredes, E.; Fernández, E. 2012. Contribución al diseño agroecológico de sistemas de producción urbanos y suburbanos para favorecer procesos ecológicos. *Agricultura orgánica*. 3: 14-18.
  47. Venegas, C. 2009. Territorios agroecológicos con identidad cultural: La experiencia de Chiloé. Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural. Proyecto Desarrollo Territorial Rural con Identidad Cultural. 25.
  48. Vilaboa, J. A.; Díaz, P.; Platas, D. E.; Ortega, E.; Rodríguez, M. A. 2006. Productividad y autonomía en sistemas de producción ovina: Dos propiedades emergentes de los agroecosistemas. *INTERCIENCIA*. 31(1): 37-44.
  49. Villanueva, C.; Sepulveda, C. J.; Muhammad, I. 2011. Manejo agroecológico como ruta para lograr la sostenibilidad de fincas con café y ganadería. 1 ed. Turrialba Costa Rica. 91 p.