

## **Biodiversidad y sistemas agrícolas sustentables**

**Jacqueline de los Ángeles Pérez Camacho**

### **Resumen**

Muchos científicos han comenzado a reconocer el papel y la importancia de la biodiversidad en el funcionamiento de los sistemas agrícolas. El manejo amigable con la biodiversidad, se ha identificado entre otros, como un indicador de biodiversidad para evaluar la integridad biológica de una finca agrícola. Las prácticas agroecológicas constituyen un aspecto importante a la hora de evaluar este indicador y se pueden utilizar en los programas de manejo para el aprovechamiento sostenible de recursos naturales, por tanto, este artículo propone varias opciones de prácticas compatibles con la conservación de la diversidad biológica, una planilla de levantamiento de información en campo y la metodología para evaluar la calidad de las prácticas

**Palabras claves:** Prácticas agroecológicas, biodiversidad, sostenibilidad.

### **Abstract**

Many scientists have begun to recognize the role and importance of biodiversity in the functioning of agricultural systems. The friendly management with biodiversity has been identified among others, as an indicator of biodiversity to evaluate the biological integrity of an agricultural farm. Agroecological practices are an important aspect when evaluating this indicator and can be used in management programs for the sustainable use of natural resources; therefore, this article proposes several options of practices compatible with the conservation of biological diversity, a form for gathering information in the field and the methodology to evaluate the quality of the practices

**Key words:** Agroecological practices, biodiversity, sustainability

### **Introducción**

La importancia de la biodiversidad para la reconversión de los sistemas de producción agropecuaria hacia la sostenibilidad y la resiliencia, así como el valor que ésta tiene para la soberanía tecnológica, energética y alimentaria de los sistemas agrarios, demanda procesos de innovación local que contribuyan a generar diseños y manejos complejos, así como metodologías para evaluarlos (Vázquez, 2013).

Una de las razones más importantes para mantener y/o incrementar la biodiversidad natural, es porque esta proporciona una gran variedad de servicios ecológicos (Altieri, 1994). En ecosistemas naturales, la cubierta vegetativa previene la erosión del suelo, regula el ciclo del agua, controlando inundaciones, reforzando la infiltración y reduciendo la escorrentía del agua. En sistemas agrícolas, la biodiversidad cumple funciones que van más allá de la producción de alimentos, fibra, combustible e ingresos. Algunas de estas funciones son el reciclamiento de nutrientes, el control del microclima local, la regulación de procesos hidrológicos locales, la regulación de la abundancia de organismos indeseables, y la detoxificación de residuos químicos nocivos. Estos procesos de renovación y servicios del ecosistema son principalmente biológicos, por lo que su persistencia depende del mantenimiento de la diversidad biológica.

La biodiversidad en sistemas productivos y su capacidad para generar servicios medioambientales están sujetas a una serie de amenazas antrópicas como fuegos incontrolados, contaminación por diferentes fuentes, prácticas agro-silvo-pastoriles inadecuadas, minería, así como amenazas naturales como huracanes, lluvias persistentes o extendidos períodos de sequía.

Diversas investigaciones están generando nuevas metodologías, que en la mayoría incluyen indicadores para evaluar la biodiversidad, entre otros atributos de la sostenibilidad y la resiliencia, como es el caso de la capacidad de adaptación al cambio climático; la eficiencia energética de la agrobiodiversidad; la biodiversidad como atributo de la sostenibilidad; funciones de la agrobiodiversidad; estructura del agroecosistema y diseños y manejos de la biodiversidad (Vázquez, 2013).

La agroecología es una disciplina científica relativamente nueva, se basa en la aplicación de los conceptos y principios de la [ecología](#), al diseño, desarrollo y gestión de [sistemas agrícolas sostenibles](#). La agroecología se basa en la producción de alimentos, implementando una mirada integral acerca del ecosistema, incluyendo el entorno social. Esta producción se caracteriza por obtener alimentos mucho más saludables que la agricultura convencional (Altieri, 2001).

El objetivo del diseño agroecológico es integrar los componentes de manera tal de aumentar la eficiencia biológica general, preservar la biodiversidad y mantener la capacidad productiva y autorregulatoria del agroecosistema. El objetivo es diseñar un agroecosistema que imite la estructura y función de los ecosistemas naturales locales; esto es, un sistema con una alta diversidad de especies y un suelo biológicamente activo; un sistema que promueva el control natural de plagas, el reciclaje de nutrientes y una alta cobertura del suelo que prevenga las pérdidas de recursos edáficos.

Un diseño clave para determinar la sostenibilidad de una finca es definir las prácticas agroecológicas que contribuyen a la sostenibilidad y la resiliencia de los sistemas productivos (especialmente la agricultura, ganadería y café) en términos ecológicos y productivos, contribuyendo así a estabilizar y reducir los procesos de cambio en el paisaje antropogénico, y proporcionando beneficios sociales en las comunidades locales.

El objetivo de este trabajo es identificar las prácticas agroecológicas amigables con la conservación de la Biodiversidad, para establecer modelos de gestión productiva que contribuyan a mitigar determinadas amenazas ambientales, como es mejorar la calidad del agua y su biodiversidad asociada, mediante el tratamiento de los residuos orgánicos provenientes de las actividades productivas.

## **Agroecología y Biodiversidad**

La agroecología provee el conocimiento y la metodología necesaria para desarrollar una agricultura que sea, por un lado, ambientalmente adecuada y, por el otro lado, altamente productiva, socialmente equitativa y económicamente viable. A través de la aplicación de los principios agroecológicos, el desafío básico de la agricultura sustentable de hacer un mejor uso de los recursos internos puede ser fácilmente alcanzado, minimizando el uso de insumos externos y preferentemente generando los recursos internos más eficientemente, a través de las estrategias de diversificación que aumenten los sinergismos entre los componentes clave del agroecosistema (Altieri, 1999).

Esta disciplina se basa en varios principios agroecológicos:

- ✓ Reducir el uso de insumos nocivos para el medio ambiente, manufacturados, costosos o escasos y aumentar el uso de insumos naturales y locales, la vez que se refuerzan las interacciones biológicas para promover procesos y servicios ecológicos. Por ejemplo, el uso de cultivos de cubierta que fijan el nitrógeno, o la rotación de cultivos que tienen relaciones micorrizas, reemplazar el uso de fertilizantes que contienen nitrógeno sintético; o el uso de la biodiversidad autóctona y el control biológico para el manejo de plagas, enfermedades y malas hierbas, así como la reducción, cuando sea posible, o la eliminación del uso de pesticidas químicos.
- ✓ Minimizar las cantidades de sustancias tóxicas o contaminantes emitidas al medio ambiente.
- ✓ Manejar de manera más eficaz los nutrientes reciclando la biomasa y añadiendo regularmente restos vegetales, estiércol animal y fertilizantes orgánicos para reforzar la acumulación de materia orgánica en el suelo y equilibrar y optimizar el ciclo de nutrientes.
- ✓ Aumentar la capa vegetal del suelo a través, por ejemplo, de cultivos y estiércol verde, y reducir la cantidad de labranza, si es posible a cero, para minimizar la erosión del suelo y la pérdida de agua/humedad y nutrientes. Estas prácticas, junto con la recogida de aguas, pretende hacer un uso más eficaz del agua.
- ✓ Promover la actividad biológica del suelo, mantener y mejorar la fertilidad del mismo.
- ✓ Mantener un alto número de especies y la diversidad genética, en el tiempo y el espacio, y una estructura compleja del ecosistema agrícola, con el fin de facilitar un amplio número de servicios ecológicos y aumentar la resistencia del ecosistema agrícola y la flexibilidad ante los cambios; a través, por ejemplo, de la rotación de cultivos, el cultivo de relevo, el cultivo intercalado y los policultivos; o incorporando árboles multifuncionales, agroforestería y combinaciones de cultivos y ganado, o integrando peces, u otros recursos acuáticos.

Las técnicas agroecológicas, por sus diversas aplicaciones en los variados sistemas de producción, nos acercan a interpretar el sentido de pertenencia y de arraigo de los productores a sus territorios y ecosistemas, así como las características de las innovaciones tecnológicas. No sólo es el tipo de cultivos lo que identifica a una población rural con una zona o localidad; también las técnicas que se aplican a los agroecosistemas se hacen indispensables para el desarrollo de los procesos productivos y su identificación con el medio (Núñez, 2000).

Los agroecosistemas son comunidades de plantas y animales interactuando con su ambiente físico y químico que ha sido modificado para producir alimentos, fibra, combustible y otros productos para el consumo y procesamiento humano (Altieri, 2001). El manejo óptimo de los mismos depende del nivel de interacciones entre los varios componentes bióticos y abióticos. A través del ensamble de una biodiversidad funcional es posible iniciar sinergismos que subsidién los procesos del agroecosistema a través de proveer servicios ecológicos tales como la activación de la biología del suelo, el reciclado de nutrientes, el aumento de los artrópodos benéficos y los antagonistas y otros más (Altieri & Nicholls, 1999).

La Agroecología provee una guía para desarrollar agroecosistemas que tomen ventaja de los efectos de la integración de la biodiversidad de plantas y animales. Tal integración aumenta las complejas interacciones y sinergismos y optimiza las funciones y procesos del agroecosistema tales como la regulación biótica de organismos perjudiciales, reciclado de nutrientes y la producción y acumulación de biomasa, permitiendo así al agroecosistema solventar su propio funcionamiento (Altieri y Nicholls, 2013).

El resultado final del diseño agroecológico es mejorar la sustentabilidad económica y ecológica del agroecosistema, con un sistema de manejo propuesto a tono con la base local de recursos y con una estructura operacional acorde con las condiciones ambientales y socioeconómicas existentes. En una estrategia agroecológica los componentes de manejo son dirigidos con el objetivo de resaltar la conservación y mejoramiento de los recursos locales (germoplasma, suelo, fauna benéfica, diversidad vegetal, etc.) enfatizando el desarrollo de una metodología que valore la participación de los agricultores, el uso del conocimiento tradicional y la adaptación de las explotaciones agrícolas a las necesidades locales y las condiciones socioeconómicas y biofísicas.

Es claro que los agricultores tradicionales poseen lecciones importantes de resiliencia para los agricultores modernos y diversos expertos han sugerido que el rescate de los sistemas tradicionales de manejo, en combinación con el uso de estrategias agroecológicas, puede representar la única ruta viable y sólida para incrementar la productividad sostenible y la resiliencia de la producción agrícola (Lin, 2011).

Actualmente, hay una gama diversa de prácticas y tecnologías disponibles las cuales varían, tanto en efectividad, como en valor estratégico. Las prácticas clave son aquellas de naturaleza preventiva, de multipropósito y que actúan reforzando la inmunidad del agroecosistema a través de una serie de mecanismos.

En Cuba existen diferentes programas de incentivos que contribuyen a la conservación del bosque y ofrecen fuentes de ingreso a los productores. El Fondo Nacional para el Desarrollo Forestal (FONADEF), manejado por la Dirección Forestal, Flora y Fauna Silvestres del Ministerio de la Agricultura (MINAG), financia diferentes prácticas agroecológicas. Este fondo no está dirigido exclusivamente a la conservación de la biodiversidad, sin embargo, a partir de la certificación de sus acciones, promueve los valores de la diversidad biológica (FONADEF, 2012).

Los indicadores están siendo cada vez más usados para proveer descripciones claras de la situación actual o condición de un recurso, así como también para medir los cambios y predecir respuestas. Las prácticas agroecológicas constituyen indicadores que se pueden utilizar en el diagnóstico y monitoreo del estado de conservación y tendencia de la diversidad biológica en áreas productivas, y pueden constituir un verificador del indicador del Manejo amigable con la Biodiversidad

El presente trabajo constituye un resultado del proyecto “Conservación y uso sostenible de la diversidad biológica en ecosistemas forestales y ganaderos bajo Manejo Sostenible de Tierras (MST) en Guamuhaya y Cuenca del Cauto”, el cual tiene como objetivo principal, elaborar un sistema de diagnóstico del estado de la biodiversidad mediante el uso de bioindicadores y proveer de soluciones alternativas para la conservación y uso sostenible de la Diversidad Biológica (BD)

y que promuevan la producción y uso racional de bienes y servicios ecosistémicos en áreas de Manejo Sostenible de Tierras (MST), en ecosistemas ganaderos y agroforestales. Teniendo en cuenta la experiencia de campo, se identificó el indicador Manejo amigable con la biodiversidad, entre otros indicadores, para evaluar la integridad biológica en fincas agrícolas, donde la cantidad de prácticas agroecológicas amigables con la biodiversidad utilizadas, sería uno de sus indicadores verificables. En este sentido, proponemos una serie de prácticas agroecológicas compatibles con la conservación de la diversidad biológica, una planilla de levantamiento de información en campo y una metodología para la evaluación de la calidad de las prácticas, que se pueden utilizar en los programas de manejo para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

## **Materiales y métodos**

Para la selección de prácticas agroecológicas y para el diseño de una planilla de levantamiento de información de campo, se revisó literatura sobre el tema (CITAS) . Para la evaluación de la calidad de las prácticas, se revisó la metodología para el diagnóstico de la complejidad de los diseños y manejos de los elementos de la biodiversidad, del manejo y conservación del suelo y del agua en sistemas de producción agropecuaria de Sarandon y Flores (2009). La escala más alta de evaluación se considera el nivel óptimo de calidad.

## **Resultados y discusión**

### **Propuesta de prácticas agroecológicas por objetivos y ventajas:**

#### **Objetivo 1. Conservación de la biodiversidad**

1. Reforestación con especies nativas (incluyendo las franjas hidrorreguladoras)

La desaparición del bosque nativo tiene serias consecuencias ambientales y sociales. Pérdida de biodiversidad, degradación por erosión hídrica de los suelos desnudos (Murgueitio, 2011).

La mejora de la gestión y restauración de ecosistemas podrán, además, contribuir a la generación de flujos estables de bienes y servicios ambientales, tales como productos forestales cosechados de manera sostenible y la estabilización del flujo de agua fluye en las cuencas hidrográficas reforestadas, la reducción de los niveles de impacto de sedimentos en los arrecifes de coral de las que dependen las pesquerías de importancia económica. Los aumentos en el grado y las mejoras en la calidad de la cobertura vegetal también darán lugar a reducciones en la vulnerabilidad de la población ante fenómenos ambientales, como huracanes y sequías.

La reforestación con especies nativas también contribuye con el aumento de la infiltración de agua en el suelo, y en consecuencia una menor escorrentía transversal de la superficie y menor erosión del suelo, la biodiversidad mejorada, potenciado el secuestro de carbono captura de carbono y el ciclo de nutrientes del suelo. Las especies nativas arbóreas proporcionarán alimento y hábitat para los elementos específicos de la biodiversidad (por ejemplo, frutos para especies de aves en peligro de extinción tales como *Psittacara euops* en Guamuhaya.

Los bosques de las franjas hidrorreguladoras, están conformados por una vegetación que usualmente es diferente en términos florísticos y de estructura a la que se encuentra a su alrededor. La reforestación de las riberas de los ríos, constituyen corredores de conservación (fauna y flora), los cuales pueden ser una de las formas más propicias de mejorar la conectividad entre diferentes parches de bosque e incluso mejorar la eficiencia de conservación de áreas protegidas de mayor tamaño al unirse a paisajes mayores por estos conectores (Chará *et al.*, 2007). Además, el enriquecimiento de los bosques de galería con especies típicas con el fin de beneficiar a la ictiofauna nativas y especies endémicas como *Chondrohierax wilsonii*, que se limita a este tipo de formación vegetal.

2. Sistemas agroforestales: combinación de cultivos y especies maderables o frutales.
3. Sistemas silvopastoriles

La promoción de sistemas agroforestales, incrementan la materia orgánica del suelo, por tanto, es mayor la cobertura del mismo y se reduce la escorrentía y aumenta la retención de humedad. Además, tienen el potencial de aumentar y diversificar los ingresos agrícolas y la seguridad alimentaria a mediano y largo plazo. Los sistemas silvopastoriles incrementan los efectos benéficos que se generan por las interacciones entre las especies arbóreas y arbustivas, los pastos y los animales, estimulando el ciclaje de nutrientes, explorando capas más profundas y mejorando las condiciones del suelo ya que permiten maximizar la producción de biomasa que será consumida por

los animales. Igualmente se presenta mayor retención de agua al incrementarse la materia orgánica y disminuirse la evapotranspiración, es decir, existe un balance del agua al interior de estos sistemas (Calzadilla *et al.*, 1990).

Cuando la ganadería es manejada en amplias extensiones de pastos, con baja cobertura arbórea y su alimentación es dependiente de los pastos naturales, lo que resulta en una baja productividad y aumenta los impactos negativos sobre la diversidad biológica y otros recursos naturales. Estos sistemas deben ser diseñados e implementados de manera que se promueva la calidad del hábitat y la conectividad. Las especies nativas arbóreas proporcionarán, sombra, alimento y mejor confort en los hábitats y siempre van a contrarrestar el desarrollo de las invasiones biológicas. También se reducen los riesgos y efectos erosivos de fenómenos naturales como la sequía o el exceso de lluvias. Entre los beneficios más sobresalientes de los sistemas silvopastoriles están la capacidad de mantener la productividad del suelo y la diversificación vegetal en las ganaderías.

La combinación de plantas forrajeras con árboles en el potrero generan una serie de beneficios ecosistémicos, incluyendo el aumento de la infiltración de agua en el suelo, y en consecuencia una menor escorrentía transversal de la superficie y la disminución de la erosión del suelo, el reciclaje de nutrientes de capas profundas del suelo debido a la capacidad de absorción de las raíces, aumentan la diversidad biológica (plantas nativas y fauna menor asociada), hacen más eficiente el secuestro de carbono y mejoran los ciclos de nutrientes del suelo (Sandoval, 2005; Castro, 2010). De esta manera contribuyen a disminuir los impactos negativos asociados a la actividad ganadera con monocultivos forrajeros como la erosión, compactación del suelo y contaminación hídrica por herbicidas y fertilizantes sintéticos. Además, promueven la multiplicación de la fauna (micro y macro) del suelo, indispensables para la descomposición de materia orgánica a formas asimilables para las plantas (Moreno *et al.*, 2008).

La leche y la producción de carne se estima que aumenta entre un 10 y un 15% en pastos con alta cobertura de árboles en comparación con aquellos con baja cobertura o sin árboles (Murgueitio, 2003). Esto se atribuye a los efectos de sombra, lo que reduce el estrés de calor, especialmente en las zonas tropicales húmedas y subhúmedas. La reducción de la producción de pastos debido al efecto de la sombra sobre los pastos se compensa en cierta medida cuando la cubierta forestal no excede más del 30 % de la superficie. Un nivel óptimo puede estar alrededor de 20 %. La sombra del árbol se puede regular mediante la gestión de la densidad de árboles y la realización de la poda y desmoche, dependiendo del tipo y tamaño de los árboles, la altura, el ancho, la opacidad y la forma de sus copas.

#### 4. Cortinas rompe vientos estratificadas

El objetivo de esta práctica es disminuir la velocidad del viento; cuando éste choca con la barrera, una parte del viento penetra, la otra pasa con dirección hacia arriba de la barrera creando así un microclima adecuado para la protección de los cultivos y obteniendo mejores resultados en las cosechas. Las distancias de siembra van desde 1 a 2 m, dependiendo de la especie, para conformar una buena barrera se debe intercalar árboles y arbustos. La vegetación en los márgenes de los campos, pueden funcionar como reservorios de enemigos naturales de plagas (Van Emden, 1965). Muchos estudios han demostrado movimientos de artrópodos benéficos desde los márgenes hacia el cultivo, y se ha observado un mayor control biológico en las hileras de cultivos cerca de los márgenes, que en el centro de las plantaciones (Pickett y Bugg, 1998; Thies y Tscharrntke, 1999).

Teniendo en cuenta las especies utilizadas en las cortinas rompe vientos, podemos tener las siguientes ventajas:

- a. Mejorador de suelo
- b. Biocombustible
- c. Sombra para el ganado y los pastizales
- d. Postes vivos para el establecimiento de cercas
- e. Valor alimentario para las diferentes especies de animales domésticos y silvestres
- f. Refugio de fauna
- g. Valor maderable
- h. Frutas comestibles
- i. Melíferas

- j. Sumidero de carbono
- k. Corredor biológico

## 5. Cercas vivas

Las cercas vivas pueden contribuir significativamente a la biodiversidad, especialmente aquellas con diversidad estructural y de composición arbórea. Las cercas vivas multicapas presentan una mayor riqueza y abundancia de especies de aves y mariposas que las vallas simples, y de pastos con densidad de árboles altos (> 30/ha): en algunos casos, su biodiversidad puede acercarse a la de los bosques secundarios o barbechos. Pueden hacer una contribución importante a la conectividad biológica en los paisajes agrícolas, ya que facilitan el movimiento; sin embargo, la conservación efectiva de la biodiversidad depende de la cobertura vegetal y la diversidad a través del paisaje en su conjunto (Enríquez *et al.*, 2007). La diversificación de las cercas vivas mediante el establecimiento de otras especies resultará en una diversificación de los productos generados por los agricultores, incluyendo la generación de madera de mayor calidad, y diversos tipos de frutas que pueden ser comercializadas o consumidas. También contribuyen con la regulación hídrica, proveen forraje para la alimentación animal. De igual forma, proporcionan protección y mejoran las condiciones del suelo y la calidad del aire.

## 6. Sombra diversificada del café y cacao

La sombra diversificada del café y cacao confieren al cultivo de una “sostenibilidad ambiental” ya que estos ayudan a la conservación y protección de la biodiversidad y ofrecen múltiples servicios ambientales, entre los que destacan la captura de carbono. El objetivo de esta práctica es proteger al cultivo de café de las condiciones adversas del clima, como las sequías y las tormentas fuertes, actúan como barreras para el viento durante las tormentas y ayudan a reducir el deslave y la erosión de los suelos. Estas plantaciones requieren menos fertilizantes, pesticidas y herbicidas sintéticos que las plantaciones de café al sol. Además, reduce las temperaturas entre las 10 de la mañana y las 2 de la tarde, cuando las matas de café del experimentan la mayor tensión por el calor. Además, el café se asemeja al ecosistema natural y se puede asociar con diversidad de plantas, preferentemente las leguminosas, maderables y frutales, de tal manera que las especies que se manejen como sombríos transitorios, sean muy productivas y generen ingresos al productor especialmente, ya que su funcionalidad comprende la etapa improductiva del cultivo, es decir en los dos primeros años de cultivo, ya que no percibe ingresos de la plantación de café.

Al usar árboles como sombra en los cafetales, se obtienen las siguientes ventajas (Centro de Comunicación Agrícola de la FHIA, 2004):

- Disminución de la erosión por el amarre del suelo por parte de las raíces y por la intercepción de las gotas de lluvia, reduciéndose la velocidad de caída de las mismas sobre la superficie del terreno.
- Aument del contenido de materia orgánica con la caída de hojas y ramas.
- Disminución de la proliferación de malezas en el cafetal, debido a la menor cantidad de luz que ingresa al suelo.
- Contribución a la nutrición del cafetal, como en el caso de las leguminosas que fijan el nitrógeno atmosférico.
- Regulación del desarrollo fisiológico de la planta, permitiendo de esta manera alargar la vida productiva de la plantación evitando el agotamiento prematuro del cultivo.
- Diversificación e incremento de Ingresos adicionales al café por venta de productos maderables del bosque (leña, postes, brotones, madera de aserrío, etc.) y no madereros como son las frutas, la producción de miel, materia prima para artesanías: semillas, trozos de madera proveniente de la poda de los árboles, etc.
- Se mejora la disponibilidad de agua en el suelo.

## 7. Regeneración natural asistida

Debido a la importancia ecológica y económica de los fragmentos de bosque, es imprescindible desarrollar programas que incentiven su conservación, su valor económico y su adecuado manejo (Kattan & Álvarez, 1996), incluyendo perspectivas para su restauración ecológica natural o asistida (Viana *et al.*, 1997, Lamb *et al.*, 1997, Guariguata & Ostertag, 2002).

La reforestación natural es lograda cuando el origen del repoblado es semilla o renuevos. La regeneración natural se recomienda para café, cacao, frutales y pastos. Es asistida cuando para lograr el repoblado acorde con un proyecto específico se produce la intervención del hombre en alguna de las etapas del proceso (FONADEF, 2012). Siempre que sea posible, se hará uso de la regeneración natural asistida, en lugar de las plantaciones en sí, ya que esto puede favorecer el desarrollo de ecosistemas biológicamente más ricos y diversos, incluyendo tanto las especies de árboles y arbustos comunes, así como las raras o amenazadas, junto con su fauna nativa asociada y su capacidad de proporcionar servicios ecosistémicos. Además de fomentar el cultivo los árboles con potencial reconocido para múltiples usos y servicios (incluida la apicultura, la medicina, la ornamentación y el consumo), otras especies que normalmente forman parte del sotobosque se fomentarán a través de la regeneración natural.

## **Objetivo 2. Conservación del suelo.**

### **8. Diversificación de cultivos (policultivos)**

La diversificación de cultivos es aquel tipo de agricultura que usa cosechas múltiples en el mismo espacio, imitando la diversidad de ecosistemas naturales, y evitando los grandes soportes de las cosechas únicas. Incluye la rotación de cosecha y el multicultivo. Los policultivos exhiben una mayor estabilidad en los rendimientos y menor disminución de productividad en condiciones de sequía, a diferencia de los monocultivos (Lin, 2011). Se hace un mejor uso del suelo, agua y del espacio que en los monocultivos. Los problemas de plagas y enfermedades son menores. Se regulan mejor las malezas. Algunas especies se benefician mutuamente. Las producciones son siempre mayores.

Los sistemas de cultivos diversificados, como los basados en policultivos y los agroforestales han sido objeto de mucha investigación (Vandermeer, 1995). Este interés se basa en la evidencia de que estos sistemas son más sustentables y conservan mejor los recursos. En general, un agroecosistema que es más diverso, más permanente, rodeado de vegetación natural y que se maneja con pocos insumos (p. ej., sistemas tradicionales de policultivos y agroforestales y silvopastoriles, entre otros) exhibe procesos ecológicos muy ligados a la amplia biodiversidad del sistema. Esto no sucede en sistemas simplificados (monocultivos modernos) que debido a sus bajos niveles de biodiversidad funcional deben ser subsidiados con insumos externos.

### **9. Ciclaje de nutrientes (utilización de los desechos)**

El tratamiento de desechos puede reducir los niveles de demanda biológica de oxígeno (DBO) y por consiguiente mejorar la salud de los ecosistemas acuáticos en los que los residuos drenan.

### **10. Aplicación de materia orgánica al suelo (Compost, hojarascas, rastrojos, estiércol animal, humus de lombriz, etc.)**

La adición de materia orgánica basada en Compost, abonos verdes, hojarascas, rastrojos, estiércol animal, humus de lombriz, entre otros, es una estrategia clave para mejorar la calidad del suelo, ya que aumenta la cobertura y mejora la capacidad de retención del agua (Magdoff y Weil, 2004). También contribuye a aumentar las redes tróficas de micorrizas. es la liberación de diversos nutrientes asimilables por la planta. Entre los beneficios biológicos más significativos tenemos el desarrollo de una amplia variedad y cantidad de microorganismos descomponedores y procesadores de materia orgánica.

La aplicación de materia orgánica al suelo cumple con diferentes funciones:

- Evitan el impacto directo de las gotas de lluvia sobre el suelo.
- Impiden la desagregación del suelo evitando la formación de costras impermeables superficiales.
- Protegen el suelo del efecto directo de los rayos solares y del viento.
- Reducen el escurrimiento superficial del agua cuando llueve evitando la erosión
- Conservan la humedad de los suelos, mejoran la infiltración y la capacidad de almacenamiento del agua.
- Evitan la desertización del suelo.
- Amortiguan los cambios bruscos de temperatura en el suelo.

- Mejoran la infiltración y el drenaje interno del suelo.
- Favorecen la estructura y la estabilidad de los suelos.
- Mejoran la aireación y porosidad del suelo.
- Da lugar al incremento de la biodiversidad presente en el suelo (arañas, insectos, hongos, bacterias, protozoos, etc.).

### 11. Cultivo de coberturas

Los cultivos de cobertura son cultivos que se siembran con el objetivo de mejorar la fertilidad del suelo y calidad del agua, controlar malezas y plagas, e incrementar la biodiversidad en sistemas de producción agroecológicos (Lu *et al.*, 2000). Los agricultores eligen para manejar tipos específicos de cultivo de cobertura sobre la base de sus propias necesidades y objetivos, y también según la influencia de los factores biológicos, factores ambientales, sociales, culturales y económicos del sistema alimentario en el que actúan los mismos (Snapp *et al.*, 2005). Estudios han demostrado que los cultivos de cobertura pueden contribuir a incrementar la biodiversidad, ya que, en las épocas de migración y reproducción de las aves canoras, debido a la mejora del hábitat, estas encuentran abrigo y sitios de anidación y la fuente de alimentos aumenta por incremento de las poblaciones de artrópodos (Cederbaum *et al.*, 2004).

### 12. Barreras vivas

Las barreras vivas son hileras de plantas sembradas a poca distancia a curvas de nivel en el caso de una pendiente. Son una práctica que contribuyen a reducir la erosión del suelo, ya que aumenta su cobertura y con ella la infiltración, se disminuye la escorrentía y por tanto hay una mayor regulación hidrológica. Las barreras vivas reducen la velocidad del agua porque divide la ladera en pendientes más cortas, y la velocidad del viento (rompeviento). Sirven también como filtro, captando sedimentos que van en el agua de escurrimiento. El buen manejo de la barrera viva da como resultado la formación paulatina de terrazas. Estas se utilizan mayormente en cultivos en laderas aprovechando las curvas a nivel.

Algunas barreras generan ingresos extras por la cosecha y venta de las mismas, de ahí la importancia de la selección de las especies.

La distancia entre barreras vivas depende de la pendiente (Proyecto Red de Innovación Agrícola, 1999).

Distancia entre obras de conservación de suelo según el porcentaje de la pendiente

Obra de conservación del suelo según la pendiente	Pendiente suave Hasta 15%	Pendiente moderada 15 – 30 %	Pendiente fuerte 30 – 50%
Barreras vivas	15 – 30 metros	10 – 15 metros	4 – 10 metros

### 13. Barreras muertas

Las barreras muertas son muros de piedras o de rastrojos, colocados conforme a las curvas a nivel y sirven para disminuir la velocidad del agua de escorrentía y evitar la erosión de los suelos; esta buena práctica facilita la infiltración del agua de lluvia y del terreno y del tipo de suelo. Donde se construyen barreras muertas lo más aconsejable es sembrar estacas de palos, para tener juntas barreras muertas y barreras vivas. Las estacas se siembran a una distancia de un metro cada una. Las estacas pueden ser de especies adaptados a la zona. La barrera muerta resulta en la formación paulatina de terrazas. Se recomienda combinar las barreras muertas con técnicas que mejoren o aumenten la fertilidad del suelo.

La barrera de piedra se coloca en sentido transversal en la pendiente, con el propósito de disminuir la velocidad del agua de escorrentía y a la vez propiciar la deposición de sedimentos gruesos. La gran abundancia de piedras en muchas zonas montañosas y la práctica tradicional de los agricultores de construir cercos de piedra, subrayan la importancia y aceptación de este tipo de estructura como práctica de conservación de suelos.

Los tranques también se utilizan para la recolección y concentración de escurrimiento de lluvia superficial. Se pueden hacer de piedras, troncos que ayuden a mejorar la erosión de los suelos, a través de una disminución de la escorrentía y un aumento de la infiltración y de la regulación hidrológica.

Esta buena práctica agrícola, se puede desarrollar en todas las regiones del país, fundamentalmente en laderas desprovistas de árboles. No obstante, hay que considerar que la construcción de las barreras tiene que cumplir con requisitos o normas, técnicas y medios ambientales como son:

- ✓ Las barreras se pueden construir en todo tipo de suelo pedregoso.
- ✓ Profundidad del suelo: se utiliza en suelos superficiales y suelos profundos. En suelos superficiales con mal drenaje existe el riesgo de encharcamiento.
- ✓ Capacidad de infiltración: se puede utilizar en suelos con buena y moderada infiltración.
- ✓ Drenaje del agua: no apropiado en suelos mal drenados.
- ✓ Presencia de piedras en la parcela: Solamente apropiado en suelos pedregosos por la disponibilidad del material para la construcción de la barrera.

La distancia entre barreras muertas depende de la pendiente (Proyecto Red de Innovación Agrícola, 1999).

Distancia entre obras de conservación de suelo según el porcentaje de la pendiente

Obra de conservación del suelo según la pendiente	Pendiente suave hasta 15%	Pendiente moderada 15 – 30 %	Pendiente fuerte 30 – 50%
Barreras muertas	10 – 20 metros	6 – 10 metros	4 – 6 metros

#### 14. Agricultura de conservación (labranza mínima)

Una cobertura permanente del suelo es importante para protegerlo contra los efectos nocivos de la exposición directa de la lluvia y el sol, proporcionar a los micro y macro organismos del suelo un suministro constante de alimento y alterar el microclima del suelo para un crecimiento y desarrollo óptimo de los organismos del mismo, incluidas las raíces de las plantas. Además, contribuye al secuestro de carbono en el suelo y a una mayor infiltración a partir de una reducción de la escorrentía.

#### 15. Cultivos en Terrazas con trazados de curvas a nivel para la siembra en suelos con pendientes

Con esta técnica, los cultivos se plantan en terrazas escalonadas, las cuales están construidas sobre campos inclinados. También se le llama siembra en contra de la pendiente o siembra atravesada a la pendiente. Esta práctica consiste en hacer las hileras del cultivo en contra de la pendiente siguiendo las curvas a nivel. Se recomienda para cualquier clase de cultivo cuando la pendiente del terreno es mayor al 5%. Las curvas a nivel en laderas de cultivo son líneas o trazos imaginarios que tienen la misma altura en cualquier punto de la pendiente. Esta práctica es muy útil para la conservación de los suelos, facilitan la conducción de agua a través de canales y mangueras en trayectos largos de manera controlada en terrenos con pendientes y por tanto reducen la erosión del suelo y su compactación, ya que se reduce la escorrentía, aumenta la infiltración y la regulación hidrológica. Se recomienda combinar con barreras vivas y muertas. (Navia *et al.*, 2003). Las que están esculpidas en laderas previenen inundaciones y un escurrimiento excesivo después de las fuertes lluvias.

#### 16. Rotación de cultivos

La rotación o asociación de cultivos consiste en alternar plantas de diferentes familias y con necesidades nutritivas diferentes en un mismo lugar durante distintos ciclos, evitando que el suelo se agote y que las enfermedades que afectan a un tipo de plantas se perpetúen en un tiempo determinado. La rotación de cultivos sirve para ofrecer una "dieta" variada a los micro organismos del suelo, a medida que los cultivos arraigan a diferentes profundidades del suelo son capaces de explorar diferentes capas en búsqueda de nutrientes. Además, evitan el aumento de plagas,

malezas o enfermedades. Esto también conduce a una extracción más equilibrada de los nutrientes del suelo (Colectivo de autores, 2005). Contribuye al incremento de materia orgánica y se hace un uso eficiente del agua.

Uno de los principales cultivos generadores de divisas en la agricultura cubana es el tabaco. Las plagas que afectan dicho cultivo son controladas por la rotación de maní, maíz, millo y frijol terciopelado. Es importante resaltar que esta propuesta tecnológica ha sido tan efectiva que los organismos rectores de las políticas agrícolas en Cuba, como el Centro Nacional de Sanidad Vegetal y el Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal, han decretado para los productores de tabaco el mandato de hacer uso de las rotaciones y asociaciones de cultivo para la producción de tabaco (Pérez y Gardey, 2014).

### **Objetivo 3. Utilización óptima de la energía.**

#### 17. Utilización de energías limpias y renovables (Biogás, molinos de viento, etc.)

Cuando se habla de energía limpia o verde como también se le llama, se hace referencia a toda aquella energía obtenida a partir de fuentes amigables con el medio ambiente, es un tipo de energía renovable porque se obtiene a partir de recursos inagotables del entorno ambiental, como lo son la luz solar y el aire. La generación de la energía limpia no causa, estrictamente, ningún desecho o residuo contaminante.

Tratados los residuos orgánicos en biogás puede reducirse la contaminación del agua, motivado por los beneficios económicos en términos de generación de energía. El uso de estas tecnologías limpias en los sistemas generales de gestión agrícola contribuye a que los problemas ambientales se mitiguen y ayudan a conservar los valores de Biodiversidad (como son los invaluable ecosistemas acuáticos actualmente afectados por el vertimiento de contaminantes).

### **Objetivo 4. Utilización eficiente del agua.**

#### 18. Cosecha de aguas lluvias

El agua es el factor más influyente en el proceso de producción agraria y al mismo tiempo el máspreciado, por ello, es necesaria una utilización eficiente del mismo (Colectivo de autores, 1997). Estas prácticas tienen una enorme importancia ya que el objetivo es mantener la cantidad y calidad de agua para el consumo humano y riego para los cultivos.

Como técnica de captación y aprovechamiento de agua de lluvia se entiende la práctica (obra o procedimiento técnico) capaz de, individualmente o combinadas con otras, aumentar la disponibilidad de agua en la finca, para uso doméstico, animal o vegetal. Por lo general, son técnicas mejoradas de manejo de suelos y agua, de manejo de cultivos y animales, así como la construcción y manejo de obras hidráulicas que permiten captar, derivar, conducir, almacenar y/o distribuir el agua de lluvia. La captación de las aguas de lluvias es una alternativa eficaz para la conservación de suelos y aguas. Aplicando los métodos de captación de lluvias se garantiza la confiabilidad de la producción agrícola y se mitigan los efectos de los eventos extremos (FAO, 2013). Para la captación se pueden usar los techos u otras estructuras impermeables, los cuales pueden ser de láminas de zinc o tejas. La cantidad de agua que se puede recolectar será en función del área de techo del que se disponga para la captación.

#### 19. Riego por goteo o aspersión

Este método de regadío es muy utilizado para las zonas secas pues permite la utilización óptima de agua y abonos, así como de mano de obra. Además, se reduce la evaporación del suelo, lo que trae una reducción significativa de las necesidades de agua al hacer un uso más eficiente gracias a la localización de las pequeñas salidas de agua, donde las plantas más las necesitan (Núñez, 2000). Otra ventaja de este método es que reduce la proliferación de malas hierbas en las zonas no regadas, permite el aporte controlado de nutrientes con el agua de riego sin pérdidas por lixiviación con posibilidad de modificarlos en cualquier momento del cultivo.

## **Objetivo 5. Protección contra incendio**

### 20. Construcción y mantenimiento de trochas corta fuegos

Cuando se realiza un balance de las principales pérdidas en un incendio, en innumerables ocasiones se alude solamente al daño al patrimonio forestal; no obstante, los perjuicios trascienden esa esfera y provocan huellas irreversibles en la biodiversidad de esos sitios, desertificación y la contaminación de las aguas y la atmósfera, por mencionar solo algunos quebrantos. Las trochas corta fuegos constituyen una medida de prevención de incendios. Estas trochas juegan un papel primordial en los bosques y plantaciones jóvenes, ya que evitan que el fuego pase de un área a otra. Se construyen tanto a la orilla de las carreteras como en el interior de las plantaciones, ya que el fuego puede surgir por diversas causas que a veces no están asociadas a la acción del hombre, como una descarga eléctrica.

### 21. Siembra de fajas verdes

La siembra de fajas verdes juega un papel muy importante en la preservación de los bosques, ya que sirven de barrera u obstáculo a la propagación del fuego originado por diversas causas hacia las plantaciones y se establecen en área forestal a los lados de carreteras y caminos, se debe utilizar especies que permanecen siempre verdes y por tanto no liberan hojas secas que sirvan de material combustible para la proliferación de los incendios. El establecimiento de estas fajas constituye uno de los indicadores fundamentales dentro de la actividad silvícola, por la protección que brindan a los bosques (FONADEF, 2012). En Cuba se utilizan especies como el hicaco y la acacia. La combinación de trochas y fajas verdes resulta clave para el cuidado de los bosques.

## **Objetivo 6. Reducción de la contaminación**

### 22. Utilización de biofertilizantes en sustitución de fertilizantes químicos.

El uso de biofertilizantes es una alternativa ecológica y sustentable, pero la clave está en cómo hacer crecer esos cultivos, desde lo económico, si se echa mano de fertilizantes químicos el proceso es poco o nada rentable ya que la compra de esos productos se lleva gran parte del costo de producción. Desde lo ecológico, los biofertilizantes constituyen una alternativa limpia ya que no dañan el ambiente y mantienen la conservación del suelo desde el punto de vista de fertilidad y biodiversidad. La utilización de químicos en la agricultura puede producir contaminación de las aguas, que afectan las poblaciones de especies dulceacuícolas.

Los biofertilizantes bacterianos y fúngicos promueven el crecimiento radicular, lo que permite incrementar la absorción de nutrientes del suelo por las plantas. Se recomienda agregar micorrizas u “hongos de la raíz” al suelo, para mejorar su fertilidad y mejorar el desarrollo de los vegetales, debido a la relación simbiótica establecida entre el hongo y el vegetal. Esta relación permite disminuir el uso de fertilizantes minerales debido a la transformación de nitrógeno atmosférico a formas aprovechables del nitrógeno por los vegetales (nutrientes), lo que llevará a un ahorro en el uso de este tipo de productos en el cultivo. Además, las micorrizas mejoran la capacidad de absorción de agua en los vegetales. Las micorrizas arbusculares son un componente clave de la población microbiana que influyen sobre el crecimiento de las plantas y la productividad del suelo. Mejoran la interacción planta-agua, aumentando así la resistencia a la sequía (Garg and Chandel, 2010).

Los abonos verdes son plantas con capacidad de adaptarse a diversos suelos y climas, de rápido crecimiento y alto poder de producción de material vegetativo. Se cultivan con el fin de proteger y recuperar el suelo. Se encuentran en forma natural como malezas en áreas no cultivadas. Los abonos verdes son plantas cultivadas que se incorporan al suelo, generalmente durante el período de floración, con el fin de realizar una mejora agronómica. Se sitúan entre calles en las plantaciones frutales o entre dos cultivos principales en la rotación, cuando éstos están distanciados en el tiempo. En ocasiones, el cultivo del abono verde acompaña durante una parte de su ciclo a un cultivo principal, solapándose. Los abonos verdes también constituyen fertilizante. La función fundamental de ellos es complementar la nutrición de los cultivos de la rotación, bien a través de la fijación de nitrógeno libre, o por su eficacia en hacer disponibles nutrientes para los cultivos que de otra manera serían inaccesibles o se perderían.

**Planilla para el levantamiento de información en campo** (la periodicidad de la evaluación es anual)

**Indicador: MANEJO AMIGABLE CON LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA (BD)**

**Indicador verificable: Cantidad de prácticas agroecológicas utilizadas amigables con la BD**

a) Cuáles prácticas utiliza (Marcar con una X):

1. \_\_\_\_\_ Reforestación con especies nativas (incluyendo las franjas hidrorreguladoras)

Especies utilizadas \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_ Sistemas agroforestales (combinación de cultivos y especies maderables o frutales)

Tipo de cultivo y especies forestales utilizadas \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_ Sistemas silvopastoriles

Tipo de ganado y especies de plantas utilizadas \_\_\_\_\_

4. \_\_\_\_\_ Cortinas

rompevientos estratificadas

Cantidad de estratos \_\_\_\_\_

Especies utilizadas en cada estrato

Estrato 1 \_\_\_\_\_

Estrato 2 \_\_\_\_\_

Estrato 3 \_\_\_\_\_

5. \_\_\_\_\_ Cercas vivas

De un solo estrato \_\_\_\_\_

De múltiples estratos \_\_\_\_\_

Especies utilizadas \_\_\_\_\_

6. \_\_\_\_\_ Sombra diversificada del café y cacao

Especies utilizadas para la sombra \_\_\_\_\_

7. \_\_\_\_\_ Regeneración natural asistida

Especies utilizadas \_\_\_\_\_

8. \_\_\_\_\_ Ciclaje de nutrientes

Materia prima utilizada \_\_\_\_\_

9. \_\_\_\_\_ Aplicación de materia orgánica al suelo (Compost, hojarasca, rastrojos, estiércol animal, humus de lombriz, etc.)

Tipo de materia orgánica utilizada \_\_\_\_\_

10. \_\_\_\_\_ Cultivo de coberturas

Cuáles especies utiliza \_\_\_\_\_

11. \_\_\_\_\_ Barreras

vivas

De un solo estrato \_\_\_\_\_

De estratos múltiples \_\_\_\_\_

Barreras laterales (superficie) \_\_\_\_\_

Barreras intercaladas (superficie) \_\_\_\_\_

Cuáles especies utiliza \_\_\_\_\_

12. \_\_\_\_\_ Barreras muertas

Qué tipo (de piedras, troncos, rastrojos, etc.) \_\_\_\_\_

13. \_\_\_\_\_ Agricultura de conservación (labranza mínima)

Qué superficie en ha de siembra con laboreo mínimo o sin laboreo \_\_\_\_\_

14. \_\_\_\_\_ Diversificación de cultivos (policultivos)

Qué tipo de cultivos utiliza \_\_\_\_\_

15. \_\_\_\_\_ Cultivos en Terrazas con trazados de curvas a nivel para la siembra en suelos con pendientes

Qué superficie en % con respecto al total del área de la pendiente \_\_\_\_\_

16. \_\_\_\_\_ Rotación de cultivos

De qué forma realiza la rotación (con diseño, sin diseño, que aspectos tiene en cuenta)

17. \_\_\_\_\_ Utilización de energías limpias y renovables (Biogás, molinos de viento, lagunas de oxidación, paneles solares, etc.)

Qué tipo \_\_\_\_\_

18. \_\_\_\_\_ Cosecha de aguas lluvias

Qué tipo (Cosecha de las aguas de escorrentía en lagunas, Cosecha de las aguas de escorrentía en canales, cosecha de agua a través de estructuras en techas de viviendas, etc.)

19. \_\_\_\_\_ Sistema de riego:

Tipo de riego (Riego por goteo o aspersión, gravedad o aniego, otros)

20. \_\_\_\_\_ Construcción de trochas corta fuegos

Qué % con respecto al área total de la finca tiene trochas cortafuegos \_\_\_\_\_

21. \_\_\_\_\_ Siembra de fajas verdes

Cuáles especies utiliza (clasificarlas en siempre verdes, caducifolias o semicaducifolia) \_\_\_\_\_

22. \_\_\_\_\_ Utilización de biofertilizantes en sustitución de fertilizantes químicos

Qué tipo de biofertilizante utiliza (hongos micorrízicos, bacterias, abonos verdes, entre otros)

23. \_\_\_\_\_ Otras. Cuáles:

Clasificación del indicador: **Cantidad de prácticas agroecológicas utilizadas amigables con la BD**

Cantidad de prácticas agroecológicas utilizadas: \_\_\_\_\_

Escala para su evaluación	Clasificador	Clases
Utiliza al menos 5 prácticas agroecológicas	Muy bien	4
Utiliza al menos 4 prácticas agroecológicas	Bien	3
Utiliza al menos 2 prácticas agroecológicas	Regular	2
Ninguna practica agroecológica	Mal	1

Evaluación del indicador verificable \_\_\_\_\_

No solo es importante la cantidad de prácticas agroecológicas que se utilizan, otro aspecto a tener en cuenta es la calidad de estas prácticas. Utilizando como referencia la propuesta para el diagnóstico de la complejidad de los diseños y manejos de los elementos de la biodiversidad, del manejo y conservación del suelo y del agua en sistemas de producción agropecuaria de Sarandon y Flores, 2009, diseñamos una propuesta con modificaciones a esta metodología y nuevas escalas para indicadores que ellos no tuvieron en cuenta. La escala más alta de evaluación se considera el nivel óptimo de calidad.

Indicadores y escalas para evaluar la calidad de las prácticas agroecológicas

Práctica	Evaluación
Reforestación con especies nativas (incluyendo las franjas	1: Menos de 10 especies nativas; 2: entre el 49 y 10% con especies nativas; 3: menos o igual al 50% endémicos,

hidrorreguladoras)	amenazadas y focales; 4: más del 50% con especies vegetales nativas representadas por endémicos, amenazadas y focales.
Sistemas agroforestales (combinación de cultivos y especies maderables o frutales)	1: Dos especies integradas; 2: tres especies integradas; 3: cuatro especies integradas; 4: más de cuatro especies integradas*
Sistemas silvopastoriles	1: Dos especies integradas; 2: tres especies integradas; 3: cuatro especies-integradas; 4: más de cuatro especies integradas*
Cortinas rompevientos estratificadas	1: Un solo estrato arbóreo con una especie; 2: dos estratos arbóreos con una especie; 3: 2 estratos con una especie arbórea y uno arbustiva; 4: más de 2 estratos con más de 2 especies arbóreas y arbustivas.
Cercas vivas	1: 1-2 especies arbóreas integradas; 2: (1) + 1-2 especies arbustivas; 3: (1) + (2) + 1-2 especies herbáceas; 4: más de tres especies arbustivas o arbóreas*
Sombra diversificada del café y cacao	1: Sombra diversificada con especies exóticas; 2: sombra diversificada con especies nativas y otra exóticas (50 % de cada una); 3: sombra diversificada con 2 o tres especies nativas; 4: sombra diversificada con más de cuatro especies nativas incluyendo frutales.
Regeneración natural asistida	1: Con sólo especies exóticas; 2: >50% de especies exóticas que nativas; 3: >50% de especies nativas que exóticas; 4: 100% de especies nativas
Ciclaje de nutrientes	1: Cuando incorpora un tipo de materia prima; 2: cuando incorpora dos tipos; 3: cuando incorpora tres tipos; 4: cuando incorpora más de tres tipos
Aplicación de materia orgánica al suelo (Compost, abonos verdes, hojarasca, rastrojos, estiércol animal, humus de lombriz, etc.)	1: Cuando incorpora un tipo de fuente de materia orgánica; 2: cuando incorpora dos tipos; 3: cuando incorpora tres tipos; 4: cuando incorpora más de tres tipos
Cultivo de coberturas	1: Solo una especie; 2: cuando incorpora dos tipos de cultivo; 3: cuando incorpora tres tipos; 4: cuando incorpora más de tres tipos
Barreras vivas	Teniendo en cuenta la especie: 1: Una especie; 2: dos especies; 3: tres especies; 4: más de tres especies. Teniendo en cuenta la superficie: 1: Menos 25% campos; 2: 26-50% campos; 3: 51-75% campos; 4: más 75 % campos*
Barreras muertas	1: Utiliza un tipo de barrera; 2: intercala diferentes tipos de barreras
Agricultura de conservación (labranza mínima)	1: Menos del 20 %; 2: entre e1 20 y 30 %; 3: entre e1 30-50 %; 4: más del 50%*
Diversificación de cultivos (policultivos)	1: Dos especies asociadas o intercaladas; 2: tres especies asociadas o intercaladas; 3: cuatro especies asociadas e intercaladas; 4: más de cuatro especies asociadas e intercaladas*
Cultivos en Terrazas con trazados de curvas a nivel para la siembra en suelos con pendientes	1: Menos del 50% de la pendiente con siembras a curvas de nivel; 2: del 50 al 75% de la pendiente con pendiente con siembras a curvas de nivel, 3: el 100% de la pendiente con siembras a curvas de nivel
Rotación de cultivos	1: Rota, pero sin estar planificado o diseñado; 2: tiene un sistema

	de rotación concebido según demandas del suelo (propiedades); 3: el sistema de rotación planificado considera además de 2, 1a reducción de incidencia de malezas; 4: el sistema de rotación es holístico; es decir, considera diferentes propósitos (suelo, malezas, plagas, enfermedades)*
Utilización de energías limpias y renovables (Biogás, molinos de viento, lagunas de oxidación, paneles solares, etc.)	1: Utiliza un solo tipo de energía; 2: utiliza más de un tipo de energía
Cosecha de aguas lluvias	1: Utiliza un tipo de técnica de captación; 2: utiliza 2 o más técnicas de captación
Sistema de riego	1: Gravedad o aniego; 2: aspersores; 3: microaspersores; 4: goteo (localizado)
Construcción de trochas corta fuegos	1: Menos del 50% del área con trocha; 2: el 50% del área con trocha; 3: del 50 al 80% del área con trocha; 4: más del 80% del área con trocha
Fajas verdes	1: Utiliza solo especies caducifolia o semicaducifolia; 2: utiliza especies caducifolia o semicaducifolia y siempreverdes; 3: utiliza solo especies siempreverdes
Utilización de biofertilizantes en sustitución de fertilizantes químicos	1: Utiliza un tipo de biofertilizante; 2: utiliza dos o más tipo de biofertilizantes

\* Tomado de Sarandon y Flores, 2009

## Conclusiones

Las prácticas agroecológicas propuestas, mejoran la sustentabilidad económica y ecológica del agroecosistema y constituyen una contribución a la planificación y ejecución del rediseño de las fincas, además permiten determinar la capacidad de respuesta ante eventos extremos del cambio climático y contribuir a la conservación de la biodiversidad tanto en el ecosistema agrícola como el natural circundante.

## Referencias

Altieri M. A. 1999. *AGROECOLOGIA. Bases científicas para una agricultura sustentable*. ISBN: 9974-42-052-0, Editorial Nordan–Comunidad, 325 pp.

Altieri M. A. 2001. *Agroecología: principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables*. Ediciones Científicas Americanas. 27-34pp

Altieri M. A. y C. I. Nicholls. 2013. Agroecología y resiliencia al cambio climático: principios y consideraciones metodológicas. *Agroecología* 8:7-20.

Calzadilla, E.; M. Jiménez; J. Sánchez; B. Mojena; A. Renda; B. Leyva; A. Ancizar y J. Torres. 1990. *Los sistemas agroforestales en la República de Cuba*. La Habana. CIDA. 29 pp.

Cederbaum, S.B., J.P. Carroll, y R.J. Cooper. 2004. Efectos de la agricultura alternativa de algodón en las poblaciones de aves y artrópodos. *Biología de la Conservación* 18:1272-1282.

Centro de Comunicación Agrícola de la FHIA, 2004. *Guía práctica PRODUCCIÓN DE CAFÉ CON SOMBRA DE MADERABLES. FUNDACIÓN HONDUREÑA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA*. 18 pp.

- Chará, J. D., G. Pedraza, L. P. Giraldo, D. Hincapié. 2007. Efecto de los corredores ribereños sobre el estado de quebradas en la zona ganadera del río La Vieja, Colombia. *Revista Agroforestería de las Américas* No. 45.
- FAO, 2013. *CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA. Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe*. ISBN 978-92-5-307580-5 (edición impresa). E-ISBN 978-92-5-307581-2 (PDF). 265 pp.
- Fondo Nacional de Desarrollo Forestal (FONADEF). 2012. Gaceta Oficial No. 45. ISSN 1682-7511. 16-48 pp.
- Garg N, y S. Chandel. 2010. Arbuscular mycorrhizal networks: process and functions. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 30:581-599
- Guariguata M, y R. Ostertag. 2002. Sucesión secundaria. In Guariguata M, Kattan G. (comp.). *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Cartago, Costa Rica: Libro Universitario Regional, 591-623.
- Kattan G., y H. Alvarez López. 1996. Preservation and management of biodiversity in fragmented landscapes in the Colombian Andes, In Schelhas J, Greenberg R. (eds.). *Forest patches in tropical landscapes*. Washington, DC, Island Press, 3-18.
- Lamb D., J. Parrota, R. Keenan y N. Tucker. 1997. Rejoining habitat remnants: restoring degraded rainforest lands. In Laurance WF, Bierregaard RO. (eds.). *Tropical forest remnants. ecology, management, and conservation of fragmented communities*. Chicago, University of Chicago Press, 366-385.
- Lin B. B. 2011. Resilience in Agriculture through crop diversification: Adaptive Management for environmental change. *BioScience* 61: 183-193
- Lu Y. C., K. B. Watkins, J. R. Teasdale y Abdul-Baki. 2000. Cubiertas vegetales en producción sostenible de alimentos. *Food Internacional* 16:121-157.
- Colectivo de autores. 2005. *Manual de agricultura de conservación para Nicaragua*. Adaptado del Manual de la FAO sobre Conservación de los recursos naturales para una agricultura sostenible – FAO 2005. 47pp.
- Colectivo de autores. 1997. *Manual de Captación de agua de lluvias*. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Publicación especial. 154pp.
- Moreno F., C. Bustamante, E. Murgueitio, H. Arango, Z. Calle, C. Cuartas, J. Naranjo, y M. Caro. 2008. *Medidas integrales para el manejo ambiental de la ganadería bovina*. Cartilla # 1. Recurso Natural Suelo. FEDEGAN, SENA, CIPAV. Bogotá, Colombia. 66 pp.
- Murgueitio E. 2003. Impacto ambiental de la ganadería de leche en Colombia y alternativas de solución. *Livestock Research for Rural development* 15 (10) 2003, CIPAV, Cali, Colombia
- Murgueitio E., Z. Calle, F. Uribea, A. Calle y B. Solorio. 2011. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management* 261:1654-1663
- Navia J., J. M. Restrepo, D. Villada y P. A. Ojeda. 2003. *Agroforestería: Opción Tecnológica para el Manejo de Suelos en Zonas de Laderas*. Manual de Capacitación. Fundación para la Investigación y desarrollo Agrícola – FIDAR. 80 pp. ISBN: 33 - 5693 – X
- Nicholl C. y M. A. Altieri. 2002 *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* (Costa Rica) No. 65. 50 – 64.
- Núñez M. Á. 2000. *MANUAL DE TÉCNICAS AGROECOLÓGICAS*. Serie Manuales de Educación y Capacitación Ambiental, 1a edición. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe. México. ISBN 968-7913-10-X. 91pp.

- Pérez J. y A. Gardey. 2014. Actualizado: 2016. *Definición de rotación de cultivos*. Fundación para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental (<https://definicion.de/rotacion-de-cultivos/>)
- Pickett, C. H. y R. Bugg. 1998. *Enhancing Biological Control: habitat management to promote natural enemies of agricultural pests*. Berkeley, University of California. 422 p.
- Proyecto Red de Innovación Agrícola. 1999. "Guía de Conservación de Suelos y Agua". Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas en América Central (PASOLAC), Cooperación Suiza en América Central
- Sarandón S. y C. C. Flores. 2009. Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica. *Agroecología* 4:19-28.
- Snapp, S. S., S. M. Swinton, R. Labarta, D. Mutch, J. R. Negro, R. Leep, J. Nyiraneza y K. O'Neil. 2005. La evaluación de los cultivos de cobertura para los beneficios, costos y el rendimiento dentro de los nichos sistema de cultivo. *Agron. J.* 97:1-11.
- Thies, C y T. Tscharntke. 1999. Landscape structure and biological control in agroecosystems. *Science* 285: 893-895.
- Thrupp, L. A. 1998. *Cultivating diversity: agrobiodiversity and food security*. Washington DC., World Resources Institute.
- Vandermeer, J. 1995. The ecological basis of alternative agriculture. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 26:201-224.
- Van Emden, H. F. 1965. The role of uncultivated land in the biology of crop pests and beneficial insects. *Scientific Horticulture* 17: 121-126.
- Viana V., A. A. J. Tabanez y J. L. F. Batista. 1997. Dynamics and restoration of forest fragments in the Brazilian atlantic moist forest. In Laurance W. F., Bierregaard R. O. (eds.). *Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities*. Chicago, The University of Chicago Press, 351-365.