



Actividad 1.1. Mejores prácticas de manejo para asegurar la provisión de servicios ecológicos en sistemas agrícolas y forestales en América Latina¹

Borrador

1. Introducción

Los ecosistemas brindan una amplia variedad de bienes y servicios que mejoran la vida humana y mantienen las condiciones para la vida en la tierra. Los humanos dependen de los ecosistemas para el abastecimiento de alimentos, agua potable, bosques y otros productos, así como para la regulación de los patrones climáticos de la tierra, la formación del suelo, la mitigación de desastres naturales (como es el caso de inundaciones o sequías) y la regulación de enfermedades, para mencionar tan solo unos pocos de los servicios que brindan los ecosistemas (Daily 1997b, MEA 2005 a,b,c.). Los humanos pueden también derivar satisfacciones espirituales, deleite estético y oportunidades de tiempo libre y recreativo de los ecosistemas naturales. Adicionalmente, los servicios de los ecosistemas contribuyen directamente al empleo global y con la actividad económica a través de industrias basadas en la agricultura, plantaciones madereras, pesca marina, acuicultura, cacería, pesca recreativa, medicinas botánicas y otros productos extraídos de los ecosistemas naturales. Los servicios de los ecosistemas también ayudan a mantener la producción agrícola, así como otras industrias que dependen de los bienes y servicios de los ecosistemas como materia prima. En suma, los servicios de los ecosistemas no sólo mantienen la vida humana, sino que también ayudan a incrementar el bienestar humano.

A pesar de los servicios que estos brindan, los ecosistemas se encuentran actualmente bajo una gran presión a causa de las actividades humanas, de modo que su continua utilidad está en peligro (Buck *et al.* 2004, MEA 2005 b). En todo el mundo, conforme las poblaciones humanas y sus demandas por alimentos, agua potable y otros productos crecen, los bosques han sido aprovechados o deforestados, los humedales se están secando y cambiando a otros usos de suelo y los pastizales y sabanas se están convirtiendo a la agricultura. Tanto los ecosistemas naturales como los ecosistemas manejados se encuentran también bajo una creciente presión para asimilar y filtrar las grandes cantidades de desechos y la polución generada por la industria y la agricultura, y muchos han sido degradados por prácticas de manejo inapropiadas o por el exceso de uso. Como consecuencia de estas actividades, muchos de los ecosistemas del mundo han sido degradados y su capacidad para proporcionar servicios se ha disminuido o comprometido severamente. De acuerdo al Millenium Ecosystem Assessment, cerca del 60% de los servicios de los ecosistemas mundiales se han afectado negativamente por las actividades humanas, incluyendo la provisión de agua potable, el tratamiento y

¹ Este trabajo fue desarrollado por: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Responsables: Celia A. Harvey (principal), Francisco Alpizar y Róger Madrigal.

desintoxicación de desechos, el soporte a la industria pesquera, la purificación del aire y la regulación de la erosión, de los peligros naturales y de las plagas (MEA 2005 b). En algunos casos, el daño a los ecosistemas puede ser irreversible.

Hoy en día es ampliamente reconocido que se requieren acciones urgentes para frenar la degradación continuada de los ecosistemas y la pérdida de los servicios de los ecosistemas. Los convenios internacionales, tales como la Agenda 21, la Convención sobre la Diversidad Biológica y el Protocolo de Kyoto, llaman a los gobiernos a promover los ecosistemas saludables y a adoptar prácticas de manejo sostenibles que aseguren la provisión de los servicios de los ecosistemas (Naciones Unidas 1992, Heywood y Watson 1995). Adicionalmente, mejorar el manejo de los ecosistemas se considera un prerrequisito para alcanzar muchas de las Metas de Desarrollo del Milenio, debido a los fuertes lazos entre los ecosistemas saludables y el bienestar humano (MEA 2005 b). Dentro de los esfuerzos internacionales para mantener los servicios de los ecosistemas, se ha puesto particular énfasis en la identificación e implementación de 'las mejores prácticas de manejo' que permitan a los humanos extraer los productos y servicios que necesitan de los ecosistemas, sin dañar la capacidad de que esos ecosistemas continúen brindando servicios ecológicos en el futuro (McNeely y Scherr 2004, Clay 2004). La necesidad de mejores prácticas de manejo es particularmente urgente en los ecosistemas agrícolas y forestales toda vez que estos ecosistemas dominan la superficie terrestre mundial e implican el más grande alcance para el manejo ecológico mejorado.

Para identificar las mejores estrategias de manejo, es importante entender cuáles servicios de los ecosistemas se obtienen de diferentes tipos de ecosistemas y cómo las estrategias alternativas de manejo afectan su capacidad de proporcionar los servicios deseados de los ecosistemas. **El objetivo de este informe es explorar cómo las diferentes prácticas de manejo influyen la prestación de los servicios de los ecosistemas dentro de los sistemas de la agricultura y de los bosques e identificar las mejores prácticas y enfoques de manejo que posiblemente mejorarán la sostenibilidad de esos ecosistemas y sus servicios.** El informe se divide en cinco secciones: 1) una introducción a los servicios de los ecosistemas; 2) una reseña de los diferentes tipos de servicios que ofrecen los distintos ecosistemas; 3) una discusión de cómo las actuales estrategias de manejo agrícola y forestal influyen los servicios de los ecosistemas; 4) la identificación de las potenciales mejores estrategias de manejo para los ecosistemas de agricultura y bosques; y 5) una reseña de cuatro enfoques (agricultura orgánica, agroforestería, manejo integrado de plagas y manejo forestal sostenible) que aplican muchas de las mejores estrategias de manejo.

Este informe constituye la Actividad 1.2 de la consultoría 'Bienes y servicios ambientales: mercados no tradicionales, mecanismos de financiamiento y buenas prácticas en América Latina y el Caribe'. Las secciones relacionadas dentro del informe de consultoría se concentran en cómo desarrollar los mercados para los servicios y productos de los ecosistemas y cómo desarrollar esquemas de pagos por servicios ecológicos. Las definiciones de los términos clave utilizados en este informe pueden encontrarse en la **Tabla A1** del Anexo 1.

2. Introducción a los servicios ecológicos y de los ecosistemas

Los ecosistemas se definen como 'esquemas complejos dinámicos de plantas, animales y comunidades microbiológicas viviendo en un área particular, el ambiente físico no

viviente en que se circunscriben y las interacciones entre ellos' (Daily 1997a). Debido a que los ecosistemas consisten de organismos vivos (es decir, la biodiversidad), presentes en un área al igual que los componentes físicos (rocas, suelo, etc.) de esa área, la conservación de la biodiversidad es un prerequisite necesario para mantener los procesos y servicios ecológicos. Los ecosistemas pueden ser terrestres, acuáticos marinos y ocurrir en diferentes biomas (bosques, sabanas, desiertos, etc.). Adicionalmente, los ecosistemas pueden clasificarse como 'naturales' o manejados', dependiendo del grado de intervención humana. Los ecosistemas naturales son aquellos que retienen sus comunidades de plantas y animales originales y han experimentado pocos cambios debidos a la actividad humana, mientras que los ecosistemas manejados' han sido intervenidos por el hombre para la agricultura, la producción ganadera o la acuicultura.

Los ecosistemas proporcionan una amplia cantidad de funciones que permiten la vida en la tierra. Todo aquello que directamente mantiene y llena la vida humana es considerado un 'servicio de los ecosistemas'. Puesto más simplemente, los servicios de los ecosistemas son 'los beneficios que la gente obtiene de los ecosistemas' (MEA 2005b). Estos servicios pueden dividirse en cuatro tipos principales: 1) servicios de aprovisionamiento (los cuales conducen a la producción de alimentos o agua); 2) servicios de regulación que afectan el clima, las inundaciones, enfermedades, desechos y la calidad del agua; 3) servicios culturales que proporcionan servicios espirituales, recreativos, estéticos y culturales, y 4) servicios de apoyo tales como formación del suelo, fotosíntesis y los ciclos de los nutrientes que sostienen la vida (MEA 2005, **Tabla 1**). Cada uno de estos se discute con mayor detalle más adelante.

Tabla 1. Lista de los tipos principales de servicios dispuestos por el ecosistema natural y administrado (Fuente: MEA 2005b).

Tipo de servicio	Definición	Ejemplos
Servicios de apoyo	Servicios que mantienen un proceso ecológico esencial y sistemas de apoyo a la vida	• Ciclo de nutrientes • Formación del suelo • Producción primaria
Servicios de provisión	Servicios que proveen bienes para el uso y consumo humano	• Madera • Leña, combustible y fibra • Recursos genéticos • Bioquímicos, medicinas naturales, farmacéuticos y otros productos novedosos • Agua fresca
Servicios regulatorios	Servicios que regulan el clima, las inundaciones, enfermedades, desperdicios y la calidad del agua	• Regulación de la calidad del aire • Regulación del clima • Regulación de desastres naturales (por ejemplo, inundaciones y sequías) • Regulación del agua • Purificación del agua y tratamiento de desperdicios • Regulación de la erosión • Regulación de enfermedades • Regulación de plagas • Polinización de cultivos y vegetación natural
Servicios culturales	Servicios que disponen beneficios recreativos, estéticos y espirituales para los humanos	• Beneficios espirituales, culturales y religiosos • Belleza estética y escénica • Recreación y ecoturismo

Los *servicios de aprovisionamiento* son aquellos que se originan en la producción de alimentos, agua, madera u otros productos para el uso humano. Mientras la mayoría de los alimentos se obtienen de ecosistemas manejados que se han convertido a la agricultura, a la producción ganadera o a la acuicultura, los ecosistemas naturales también son fuentes importantes de plantas y animales salvajes que sirven como alimento. Además de la producción de alimentos, los ecosistemas también proporcionan una gran variedad de productos como madera, leña, fibras y otros, que utiliza el ser humano para la construcción, manufactura, combustión y otras necesidades. Adicionalmente, las especies de plantas y animales presentes en ecosistemas proporcionan el material genético para el desarrollo de farmacéuticos, bioquímicos, medicinas, cosméticos y otros nuevos productos. Este almacén de material genético también sirve como la base para futuras mejoras en cultivos y ganadería, como es el caso del desarrollo de variedades resistentes a los cambios climáticos o a nuevas enfermedades, o que tienen nuevas propiedades importantes para el ser humano (Myers 1997a). Finalmente pero no menos importante, los ecosistemas naturales producen agua potable para el consumo y uso humanos a través de complejas interacciones entre plantas, suelos y microorganismos; este servicio es fundamental para la vida humana.

Los ecosistemas juegan importantes roles en la regulación de la calidad del agua y del aire, de las condiciones climáticas, de la explosión de enfermedades y plagas y de los desastres naturales. Estos servicios se denominan conjuntamente como 'servicios reguladores'. Los ecosistemas naturales ayudan a regular la calidad del aire y el agua absorbiendo, desintoxicando y separando desechos y otros contaminantes. Muchos ecosistemas naturales son capaces de convertir algunos (pero no todos) de los contaminantes en componentes inofensivos, mejorando así tanto la calidad del aire como la del agua. Las propiedades físicas de los ecosistemas afectan los flujos de calor y de agua, afectando la temperatura local y los patrones de precipitación. A escala global, los ecosistemas pueden jugar importantes roles al influir sobre los patrones climáticos, sea separando o emitiendo gases invernadero. Los ecosistemas también pueden jugar un rol en la regulación de explosiones de plagas y enfermedades infecciosas, dado que estos proporcionan hábitat para enemigos naturales (depredadores, parásitos, patógenos) que evitan que las plagas y enfermedades alcancen niveles altos (Taylor y Ehrlich 1997). Algunos ecosistemas naturales también pueden reducir la probabilidad y severidad de peligros naturales tales como inundaciones, deslizamientos, sequías e incendios. Por ejemplo, los humedales pueden reducir la probabilidad de inundaciones absorbiendo las corrientes pico y las mareas por tormentas, mientras los ecosistemas reforestados pueden evitar las inundaciones almacenando grandes cantidades de agua y transfiriendo rápidamente los excesos de agua de la superficie al terreno.

Los ecosistemas también pueden ofrecer importantes beneficios culturales, recreativos, estéticos y espirituales a los humanos. Aunque estos '*servicios culturales*' son menos tangibles y más difíciles de medir que otros servicios ecológicos, ellos son muy importantes para el bienestar humano. Los ecosistemas naturales han influido el desarrollo de culturas humanas, de sistemas de conocimiento, religiones, estructuras sociales, sistemas educacionales y actividades recreativas a lo largo del mundo, y muchas veces existen fuertes vínculos entre los ecosistemas y la identidad cultural. También sirven como fuente de inspiración para las artes, la música, el folclor y la

literatura e implican bases para la recreación y el ecoturismo. La belleza estética de los ecosistemas naturales también es altamentepreciada por las sociedades alrededor del mundo y mueve mucho del ecoturismo mundial.

Por último, los ecosistemas pueden proporcionar importantes *servicios de soporte* que sostienen la vida en la tierra. Estos servicios incluyen la formación del suelo, la fotosíntesis y el ciclaje de los elementos (como el nitrógeno y el fósforo) y del agua. Estos procesos son la base de todos los demás servicios de ecosistemas y proporcionan las condiciones para la vida en la tierra. A diferencia de los servicios de aprovisionamiento, de regulación y de cultura, los impactos de estos servicios de soporte en los humanos a menudo son indirectos u ocurren por un largo período, por lo que son más difíciles de cuantificar directamente.

Vale destacar que la biodiversidad *per se* no es considerada estrictamente un servicio ecológico, ya que la biodiversidad forma parte de los ecosistemas y es la base fundamental para sus procesos y funciones. Sin una biodiversidad intacta, los ecosistemas no podrían brindar muchos de los servicios ecológicos de los cuales depende la vida humana. Por lo tanto, la conservación de la biodiversidad debe ser considerada como un requisito para poder garantizar la provisión continua de servicios ecológicos, en vez de ser considerada como un servicio ecológico en sí.

3. Provisión de servicios ecosistémicos en los sistemas forestales y agrícolas

La capacidad de los diferentes ecosistemas de brindar servicios ecológicos depende del tipo de ecosistema y de cómo éste se maneja. Mientras el enfoque tradicionalmente ha sido sobre los servicios de los ecosistemas proporcionados por los ecosistemas naturales (es decir, bosques, humedales), existe un reconocimiento creciente en cuanto a que los ecosistemas manejados (como es el caso de las plantaciones forestales y los agroecosistemas) pueden también brindar servicios muy valiosos, aunque éstos usualmente son diferentes en cobertura y tipo respecto de los ecosistemas naturales. Por ejemplo, mientras los sistemas naturales tienden a brindar una amplia variedad de productos y servicios de regulación, los sistemas manejados se diseñan y administran específicamente para proporcionar ciertos productos (tales como alimentos o madera) y esta producción a menudo se da a costa de otros servicios. En la siguiente sección resaltamos y comparamos los servicios claves de los ecosistemas, brindados por un conjunto de ecosistemas tanto naturales como manejados, incluyendo los bosques naturales, bosques manejados, plantaciones de bosque, sistemas de cultivos perennes, sistema de cultivos anuales, pastizales utilizados para la producción ganadera, y humedales. En la **Tabla A2** del Anexo 1 se presenta un resumen de los servicios de cada ecosistema.

Bosques naturales

Los bosques naturales no intervenidos brindan una gama completa de servicios de ecosistemas (Myers 1997, Matthews *et al.* 2000; Campos *et al.* 2005). Los bosques naturales tienen la capacidad de producir diversos bienes, incluyendo maderas, frutas, plantas medicinales, látex, animales de caza y otros productos no madereros. Los ecosistemas de bosques también cumplen funciones de regulación, protegiendo y estabilizando los suelos, regulando los flujos de agua y los nutrientes, purificando y filtrando el agua, descomponiendo desechos y previniendo peligros naturales como inundaciones o sequías. Conforme los bosques crecen, éstos absorben el carbono de la

atmósfera y lo almacenan en los tejidos de las plantas (hojas, corteza, raíces) y en los suelos, reduciendo así la tasa de acumulación de dióxido de carbono en la atmósfera y mitigando el calentamiento global. Además, los bosques ayudan a moderar el cambio climático a escala local regulando los patrones de precipitación. Finalmente, los ecosistemas de bosques son fuentes importantes de oportunidades recreativas, tales como la caza, la observación de aves y las caminatas, al igual que atracciones claves para el turismo.

Bosques manejados

Los bosques manejados también brindan una amplia variedad de servicios de ecosistemas, la mayoría de los cuales son idénticos a los provistos por los bosques intactos y no manejados. La diferencia principal consiste en que como estos bosques son manejados específicamente para incrementar la biomasa de especies madereras, éstos producen mayores volúmenes de madera que los bosques naturales a costa de otros productos y servicios. Gracias a las prácticas de manejo, éstos bosques usualmente son menos estructurados y florísticamente complejos y cuentan con un sotobosque más abierto que los bosques naturales. Estos cambios en la estructura y composición de los bosques pueden reducir ligeramente su capacidad de regular los flujos de agua y de nutrientes, así como su capacidad de ser hábitat para la vida silvestre. Sin embargo, al igual que los bosques naturales, los bosques manejados juegan un papel clave en la fijación de carbono y la mitigación del cambio climático.

Plantaciones forestales

Las plantaciones forestales se establecen y se manejan para proporcionar dos productos clave –madera y leña. Estos tienden a estar dominados por unas pocas especies de árboles (que han sido cuidadosamente seleccionadas para un rápido crecimiento y/o una alta calidad de las maderas) y son manejados activamente para maximizar la producción de maderas (Evans y Turnbull 2004). Como consecuencia de su baja diversidad florística y estructural, las plantaciones albergan comunidades de plantas y animales menos diversas que los bosques naturales, y tienen poca importancia como reservorios genéticos. Sin embargo, las plantaciones pueden ser importantes contenedores de carbono (debido al rápido crecimiento de los árboles) y pueden ayudar a mitigar el cambio climático. Si se manejan apropiadamente, las plantaciones también pueden ayudar al mantenimiento de la calidad y abastecimiento del agua y a la prevención de desastres naturales.

Sistema convencional de cultivos perennes

El servicio principal de los sistemas de cultivos perennes (tales como el café, la caña de azúcar, el cacao o los árboles frutales) es la provisión de los productos alimenticios para los que estos se diseñaron. Sin embargo, estos sistemas pueden también brindar pequeñas cantidades de otros productos (como es el caso de la leña) y pueden ser fuentes importantes de material genético para el mejoramiento de los cultivos, especialmente si se utilizan distintos tipos de genotipos o sistemas de cultivos mixtos. Además, dependiendo de su manejo, los cultivos perennes pueden brindar un hábitat limitado para algunas especies de insectos benéficos, facilitando el control de plagas y brindando servicios de polinización. Sin embargo, a diferencia de los sistemas de bosques discutidos arriba, los sistemas de cultivos perennes, solo tienen una débil contribución en la regulación del agua y de los ciclos del carbono y tienen una capacidad limitada para mitigar el cambio climático o para prevenir peligros naturales.

Sistemas convencionales de cultivos anuales

Al igual que los sistemas de cultivos perennes, el principal servicio de los sistemas de cultivos anuales es la provisión de productos agrícolas y la provisión de los genes que podrán utilizarse en el mejoramiento de los cultivos. Debido a que los sistemas de cultivos anuales usualmente se manejan intensivamente (con arado, uso de químicos, etc.), tienen una cobertura de vegetación variable y a menudo se quedan en el puro suelo durante grandes períodos en el año, estos sistemas tienen poca capacidad para regular la erosión del suelo o la calidad y el flujo del agua. Su generalmente baja capacidad florística y diversidad estructural también limitan su valor como fuentes de un hábitat para la vida silvestre.

Pastizales (con una producción animal moderada)

Los pastizales utilizados por los animales pueden brindar una serie de distintos servicios ecológicos (Salas y Paruelo 1997). Uno de los servicios clave es la producción de alimentos (especialmente carne y leche) y otros productos de base animal, como cuero y lana. Sin embargo, los pastizales también cumplen otros roles importantes, como la regulación de la calidad del aire y el mejoramiento del clima. Los pastizales consumen grandes cantidades del carbono de la atmósfera y lo almacenan como biomasa y materia orgánica, regulando así la cantidad de carbono presente en la atmósfera. Si los pastizales se manejan apropiadamente y se retienen grandes cubiertas del suelo, éstos también pueden evitar la pérdida de los suelos por erosión. Finalmente, los pastizales sirven como reservorios de la diversidad genética, particularmente de muchas plantas y animales domésticos (como es el caso del trigo, la cebada, las cabras, las ovejas y el ganado), que se originaron en ecosistemas de pastizales.

Humedales

Los ecosistemas de humedales proporcionan una amplia variedad de servicios (MEA 2005c). Los humedales albergan varias especies de plantas y animales y constituyen una fuente de alimento (pescado, camarón y otros alimentos marinos) y otros productos (como leña, carbón y turba) para los humanos. Los humedales también fijan y almacenan grandes cantidades de carbono, ayudando a mitigar los cambios en los niveles de carbono de la atmósfera causados por las actividades humanas. Son particularmente importantes como filtros para las aguas de desecho, removiendo los contaminantes conforme el agua transcurre por estos sistemas. Adicionalmente, los humedales juegan un papel vital en la regulación de las corrientes de agua, absorbiendo los excesos de corrientes acuáticas y amortiguando de esta forma tormentas e inundaciones.

4. Efectos de las estrategias de manejo en la provisión de servicios de ecosistemas en los ecosistemas de bosques y agricultura

Las formas en las que los ecosistemas se manejan pueden tener un profundo impacto sobre su capacidad para brindar servicios ecológicos. En esta sección, exploramos cómo las prácticas convencionales de manejo empleadas dentro de los sistemas de bosques, agrícolas o de producción ganadera afectan la provisión de los diferentes servicios ecológicos. En la **Tabla A3** del Anexo 1 se ofrece un resumen de estas prácticas de manejo y de sus impactos.

Dentro de los bosques y de las plantaciones de bosques, las principales prácticas de manejo que afectan la provisión de servicios de ecosistemas es la cosecha de maderas y

de otros productos, prácticas relacionadas al mejoramiento productivo de los bosques y plantaciones (tales como preparación de lugar, raleo y limpieza del sotobosque y la conversión de los bosques hacia la agricultura o hacia otros usos del suelo (Putz *et al.* 2001). Muchas de las prácticas asociadas a la tala de árboles (tales como las excavadoras o el trazado de caminos para la tala) impactan negativamente los ecosistemas de bosques, dañando los árboles residuales de los bosques, compactando los suelos e incrementando el correr de las aguas y la erosión. Cuando el volumen de la madera cosechada (o la frecuencia de la cosecha) excede la capacidad del bosque para regenerarse y crecer, esto puede conducir a una reducción significativa en la diversidad de las plantas, a una simplificación de la estructura del bosque y a una reducción en la diversidad genética. Estos cambios reducen significativamente el valor de los bosques como hábitat para las especies nativas de plantas y animales (incluyendo especies que son importantes para el control de plagas, para la polinización y para otros servicios). Los cambios en la densidad y composición de los árboles del bosque también pueden influir negativamente sobre la capacidad de los bosques para almacenar carbono y agua. En algunas regiones, quienes se dedican a la actividad forestal también extraen animales silvestres, plantas ornamentales u otros productos como ingreso complementario del bosque y una sobre explotación puede reducir el abastecimiento de estos productos.

Los forestales también utilizan una variedad de prácticas de manejo para mejorar la productividad de los bosques y plantaciones manejadas (Putz *et al.* 2001, Evans y Turnbull 2004). Antes de desarrollar las plantaciones, los forestales limpian el sitio de la vegetación restante ya sea manualmente o con el uso de tractores, del fuego o de químicos. Estas prácticas pueden causar una alta erosión del suelo y en el caso de las quemas pueden aumentar significativamente la polución atmosférica. Otras prácticas comunes en el manejo de los bosques incluyen el desyerbado del sotobosque (para reducir la competencia con las especies madereras), así como el arado y la poda de los árboles para provocar un crecimiento más rápido. Estas prácticas reducen la biomasa de las plantas y la cubierta del suelo y pueden también conducir potencialmente a un incremento en la erosión del suelo y a una sedimentación de los riachuelos. También disminuyen la diversidad de las plantas presentes dentro del ecosistema.

Sin embargo, la práctica de manejo que tiene el mayor efecto sobre los bosques y sobre los servicios de este ecosistema es la conversión a la agricultura o a otros usos del terreno. Dado que los bosques brindan tipos de servicios de ecosistemas diferentes a los de los sistemas agrícolas, su conversión a otros usos del suelo puede cambiar drásticamente los tipos de servicios proporcionados. La deforestación generalmente conduce a un incremento en la erosión del suelo, a una reducción en la capacidad de la tierra para recircular el agua y a una capacidad reducida para mitigar las inundaciones, las fuerzas del viento y de la lluvia. También conduce a una pérdida dramática de la biodiversidad, lo que puede traer consecuencias en la provisión de alimentos, maderas y otros productos derivados de las especies de plantas y animales, así como en la provisión de los servicios de control de plagas y de polinización.

En los *sistemas agrícolas*, la provisión de servicios ambientales se ve afectado por gran variedad de prácticas de manejo (Clay 2004, Harvey *et al.* 2005). Muchas de estas prácticas se asocian con la preparación del terreno para la siembra de cultivos. Antes de la siembra los agricultores típicamente surcan el suelo y eliminan la vegetación natural a través del desyerbado, el uso de herbicidas o el fuego. Estas actividades combinadas dejan el suelo al descubierto y más vulnerable a la erosión por el viento y el aire. La

sedimentación aumentada en riachuelos, debida a la erosión del suelo, reduce la calidad del agua y destruye los ecosistemas acuáticos. Además, el arado del suelo quiebra las partículas del suelo y reduce la materia orgánica del suelo emanando carbono a la atmósfera. Los incendios agrícolas liberan grandes cantidades de nitrógeno y carbono hacia la atmósfera, ocasionando polución en el aire e incrementando la presencia de gases invernadero (Salas y Paruelo 1997). Otras prácticas en las plantaciones – tales como la densidad de la plantación, el momento de la plantación, y el uso de monocultivos o policultivos también pueden impactar el suelo, los ciclos de los nutrientes y el uso del agua, sin embargo, la naturaleza exacta de estos efectos, es muchas veces específico a cada especie y sistema.

Otro grupo de prácticas de manejo que puede afectar a los servicios de los ecosistemas dentro de los sistemas de la agricultura es la aplicación de fertilizantes, plaguicidas, herbicidas y otros químicos para aumentar la fertilidad del suelo, reducir la reducción de plagas y evitar el crecimiento de maleza. Cuando los agroquímicos se aplican en mayores cantidades que la requerida, el exceso de químicos causa polución en los suelos, en el aire y en el agua y contribuye al calentamiento por efecto invernadero. El uso excesivo de plaguicidas no sólo mata plagas sino también insectos beneficiosos (tales como insectos depredadores y polinizadores) y puede reducir la capacidad biológica del sistema para controlar futuras enfermedades y brotes de plagas.

Un último grupo de prácticas de manejo que puede afectar la provisión de servicios del ecosistema en los sistemas de la agricultura es el cambio que se hace en los ciclos hidrológicos. Los finqueros muchas veces drenan los humedales o las áreas pantanosas, construyen zanjas, o desvían las aguas para la irrigación de sus cosechas en un esfuerzo por hacer que sus tierras sean más productivas. Estos cambios hidrológicos pueden afectar dramáticamente los patrones de flujo de las aguas dentro del sistema, creando un efecto no sólo sobre la disponibilidad y la calidad del agua sino también las condiciones climáticas locales.

En los *pastizales utilizados para la producción animal*, la provisión de los servicios de los ecosistemas depende del manejo tanto del ganado como del componente de pastos. Tal vez el factor más importante que influye los servicios de los ecosistemas dentro de los sistemas de producción animal es el número de animales de pastoreo y la intensidad del pastoreo. El pastoreo en exceso, así como las altas tasas de carga animal, pueden conducir a la compactación y degradación del suelo e incrementar la erosión de este. Al mismo tiempo, los animales crean grandes cantidades de desechos que contaminan las fuentes de agua. Las altas tasas de carga animal también pueden contribuir al cambio climático debido a las grandes cantidades de metano (un gas invernadero) emitido por el ganado conforme éste se alimenta.

El manejo de las especies de pastos también es importante para determinar los servicios de los ecosistemas. Por ejemplo, el uso frecuente del fuego y la eliminación de malezas o de los herbicidas para reducir la vegetación natural y las malezas, simplifica la diversidad florística presente en los pastos, reduce la cobertura del suelo y destruye el hábitat original que es importante para los insectos beneficiosos y demás vida silvestre. El uso del fuego y de herbicidas también puede ocasionar una significativa contaminación en el aire y en las fuentes de agua.

5. Principios ecológicos y mejores estrategias de manejo que pueden ayudar a mejorar la provisión de servicios ecosistémicos

Dado que las prácticas de manejo convencionales a menudo tienen un impacto negativo en los ecosistemas y en los servicios de los ecosistemas, existe un interés creciente en identificar y promover prácticas y enfoques de manejo que reconcilien las metas de la productividad agrícola con el mantenimiento continuado de los servicios de los ecosistemas (Clay 2004, McNeely y Scherr 2004). Estas ‘mejores prácticas de manejo’ se relacionan con principios ecológicos básicos que contribuyen al mantenimiento de ecosistemas saludables y posibilitan la restauración de aquellos que ya han sido degradados por el uso no sostenible. Los principios ecológicos bases para el manejo de los ecosistemas incluyen: 1) mantenimiento de suelos sanos y productivos; 2) adopción de estrategias de nutrientes integrados; 3) mejora del manejo de las fuentes de agua y de los ciclos hidrológicos; 4) diversificación de los sistemas de manejo de la agricultura y de los bosques; 5) manejo de plagas, malezas y enfermedades utilizando procesos biológicos; 6) reducción de la polución del aire, del agua y del suelo por agroquímicos y desechos; 7) minimización del cambio climático controlando la producción de los gases invernadero, y 8) retención y restablecimiento de la vegetación natural dentro de los sembradíos agrícolas. En esta sección, damos un vistazo a algunas de las prácticas de manejo claves que se han desarrollado alrededor de estos principios. En la **Tabla A4** puede encontrarse un resumen de estas prácticas.

El *mantenimiento de suelos saludables y productivos* en los sistemas agrícolas puede alcanzarse a través de prácticas que mejoran la materia orgánica del suelo, la estructura del suelo, la fertilidad y las comunidades biológicas, tales como el uso de cultivos de cobertura boñiga y abono orgánico, la diversificación de los sistemas de cosechas, la rotación de los sistemas de cosechas y el uso de períodos sin cultivos. Al mismo tiempo, muchas prácticas (tales como el arado reducido, el uso de terrazas o de barreras vivas) puede servir para reducir la degradación y pérdida del suelo por el agua y la erosión del viento. En los sistemas de producción ganadera, la compactación y degradación del suelo puede minimizarse reduciendo las tasas carga animal y adoptando sistemas de pastoreo racionales que minimicen el impacto del ganado en el terreno. En los bosques manejados, el impacto de las operaciones de tala sobre la pérdida y compactación del suelo puede reducirse a través de la adopción de métodos de tala de reducido impacto, la construcción y ubicación cuidadosas de los caminos para la tala (en áreas menos propensas a la erosión), y las operaciones de tala bien planificadas.

El *manejo integrado de nutrientes* puede alcanzarse aprovechando mejor los procesos biológicos que originan nutrientes. Las mejores prácticas de manejo incluyen el uso de boñiga, abono orgánico y cultivos de cobertura, el reciclaje de desechos animales y la integración de la mezcla de paja y hojas que producen nutrientes vitales. Los policultivos, las rotaciones de los cultivos y el uso de barbechos también pueden contribuir a una mayor eficiencia en el uso de nutrientes y evitar el agotamiento de los nutrientes del suelo. De modo similar, la adopción de métodos de labranza de conservación minimiza la perturbación del suelo y reduce la pérdida del suelo y nutrientes.

Muchas de las prácticas que mejoran la salud del suelo y los ciclos de los nutrientes también tienen efectos positivos sobre el *manejo de los recursos del agua*. Aparte de las prácticas ya mencionadas, la provisión de agua potable y abundante puede también

asegurarse incrementando la eficiencia en el uso del agua para los sistemas de cultivos y producción ganadera, utilizando variedades de cultivos y animales apropiados para las condiciones climáticas del lugar y adoptando esquemas de irrigación más eficientes. La calidad del agua también puede asegurarse a través de un uso restringido y focalizado de los agroquímicos dentro de las fincas y mediante la sustitución de fertilizantes sintéticos y plaguicidas por productos orgánicos que puedan descomponerse fácilmente. En los sistemas de producción animal, el posicionamiento cuidadoso de fuentes puntuales de polución, como los comederos, lejos de los riachuelos también mejorará la calidad del agua mientras que en los ecosistemas de bosques, la calidad del agua puede mejorarse adoptando prácticas de tala de impacto reducido.

La diversificación de los sistemas agrícolas puede lograrse a través del uso de policultivos, sistemas agroforestales (que combinan cultivos permanentes de madera con cultivos y ganadería), y de la rotación de cosechas. La diversidad de las plantas en los bosques y plantaciones manejados puede mejorarse implementando tratamientos diseñados para promover la regeneración natural de especies nativas dentro de los bosques (como la retención de árboles remanentes que sirven como fuentes de semillas en áreas taladas) o a través del enriquecimiento con especies deseadas. Adicionalmente, el uso de una mayor variedad de cultivos y de ganado puede ayudar a conservar la agrobiodiversidad y asegurar el material genético para el desarrollo de nuevas variedades de cultivos, nuevas razas de ganado y nuevos productos.

Otra estrategia para manejar los ecosistemas en forma sostenible es *manejar plagas, malezas y enfermedades utilizando mecanismos biológicos*. Esto se puede obtener al diversificar los sistemas de producción y retener áreas de vegetación natural para proveer un hábitat para los insectos beneficiosos que atacan a las plagas y la enfermedad. Otras estrategias incluyen utilizar técnicas de manejo integrado de plagas, tales como controles biológicos y culturales y el uso específico de plaguicidas. Además, la adopción de estrategias de manejo tales como la rotación de cultivos y el uso de barbechos y cultivos de cobertura pueden ayudar a controlar hierbas malas y plagas.

El manejo del ecosistema también debería enfocarse en *reducir la contaminación del aire, agua y tierra con agroquímicos*. Muchas de las estrategias ya mencionadas (tales como manejo integrado de plagas, un mayor cuidado en el manejo de nutrientes y agua, un uso juicioso de los insumos externos y la ubicación cuidadosa de fuentes de contaminación) contribuyen a reducir la polución del ecosistema. Además, pueden utilizarse estructuras de conservación físicas y vegetales (tales como barreras naturales) como filtros para proteger riachuelos y fuentes de agua de la polución agrícola. La conservación o restauración de áreas de humedales dentro de los panoramas agrícolas es particularmente importante para reducir la contaminación del agua, ya que estos ecosistemas tienen una gran capacidad para filtrar y retener contaminantes.

Los ecosistemas también tienen que manejarse cuidadosamente para *controlar la producción de gases de efecto invernadero* (tales como el dióxido de carbono, metano y los óxidos nitrosos) que conllevan a un cambio climático. Esto va a requerir no solo un manejo mejorado de los nutrientes en los sistemas de producción agrícolas y de ganadería, sino también la reducción de cambios en el uso de la tierra que liberan gases de efecto invernadero en la atmósfera. Una meta en particular debe ser retener o reducir la conversión de bosques, humedales u otros ecosistemas naturales para la agricultura.

Debido a que el ganado es la mayor fuente de emisiones de metano (gas de efecto invernadero), son críticas las mejoras en el manejo del ganado.

Una meta final en el manejo del ecosistema es *retener y restaurar la vegetación natural presente dentro de los panoramas agrícolas*. Los ecosistemas naturales son generalmente mejores para asegurar la disponibilidad del agua, mitigar el cambio climático y evitar desastres naturales que los sistemas manejados. Además, las áreas naturales proveen hábitat claves y refugios para especies de plantas y animales (y la diversidad genética dentro de estas especies), lo que contribuye a la conservación de la biodiversidad, la regulación de las plagas y enfermedades y la disposición de material genético para nuevos productos. Los agricultores pueden retener el bosque natural en sus fincas conservando parches de bosques y los bosques ribereños y la cobertura de árboles en campos y junto a límites en la finca. Cuando sea necesario, los agricultores también pueden restaurar o reforestar áreas degradadas a vegetación natural, permitiendo la regeneración natural y/o implementando sistemas de agricultura y silvicultura o plantaciones.

6. Enfoques utilizados actualmente para promover el manejo sostenible de los sistemas agrícolas y forestales en América Latina

Se promueven muchas de las mejores prácticas de manejo descritas arriba en diferentes enfoques agrícolas y forestales. En esta sección daremos un panorama breve de diferentes enfoques (agricultura orgánica, agroforestería, manejo integrado de plagas y bosques sostenibles) que utilizan las mejores prácticas para garantizar la salud del ecosistema y la disposición continua de servicios en el ecosistema (ver **Tabla 6** para un resumen). Además, resaltamos algunos ejemplos del uso de estos enfoques en América Latina.

Agricultura orgánica

La agricultura orgánica es un ‘tipo de producción agrícola que se basa en los propios recursos naturales de la tierra para plantar y procesar alimentos’ y minimiza el uso de insumos externos (McNeely y Scherr 2004). A diferencia de la producción convencional, la producción orgánica no utiliza plaguicidas, herbicidas, fertilizantes inorgánicos u otros químicos sintéticos en la producción de cultivos y prohíbe el uso de antibióticos y hormonas en la producción de ganado (El-Hage y Hattam 2004, El-Hage y Williamson 2004). Debido a que los productores orgánicos no pueden utilizar insumos sintéticos, su producción se relaciona de cerca con la salud del ecosistema y se basa directamente en la disposición de servicios en el ecosistema como su insumo. Por lo tanto, un principio central de la agricultura orgánica es retener el balance ecológico y asegurar la salud del ecosistema. La agricultura orgánica utiliza muchas de las mejores prácticas de manejo descritas en la sección anterior, incluyendo el uso de sistemas de policultivos, las rotaciones de cultivos diversos, el uso de cultivos cubiertos, la mezcla de paja y hojas y las prácticas que aseguran la salud de la tierra. El control de plagas y hierbas malas dentro de los sistemas orgánicos se obtiene por medio del uso del manejo cultural y biológico de las plagas.

En América Latina, la agricultura orgánica esta creciendo rápidamente debido a la demanda en países occidentales para productos orgánicos y mayores oportunidades en mercados internacionales. Actualmente existen un total de >189,800 fincas orgánicas y > 6.2 millones de hectáreas de tierra certificados como orgánico en la región (Willer y

Yussefi 2005). Este incluye la producción orgánica de carne, cacao, azúcar, frutas, verduras, granos básicos y café, entre otros productos. Adicionalmente, existen muchas otras áreas adicionales que aun no hayan sido certificados, pero que están bajo manejo orgánico y/o en transición a producción orgánica. Sin embargo, la agricultura orgánica en la mayoría de los países latinoamericanos representa menos de 1% del área total de producción agrícola, con la excepción de Belice (donde representa 1.19%), Argentina (1.58%), y Uruguay (5.11%), y existen muchas oportunidades para aumentar el área bajo producción orgánica. En las regiones donde se ha promovido la agricultura orgánica, se han notado mejoras visibles en la salud de los suelos y aguas, además de una importante reducción en el uso de pesticidas. Un ejemplo de los sistemas orgánicos de cacao se destaca en la **Caja 1**.

Caja 1. Producción de cacao orgánica en Costa Rica.

La producción de cacao orgánica es una actividad económica importante para muchos pequeños productores en las regiones tropicales de América Latina, especialmente en regiones indígenas y zonas remotas. En la zona de Talamanca, Costa Rica, por ejemplo, las plantaciones de cacao son una fuente importante de trabajo y efectivo para todas las comunidades indígenas BriBri y Cabécar, además de ser una parte integral de su cultura. Los indígenas manejan su cacao bajo una diversa sombra de árboles (que incluye tanto árboles sembrados como especies remanentes del bosque original) y evitan el uso de pesticidas u otros químicos en las plantaciones.

La producción orgánica ha sido promovida en el área a través de diferentes proyectos y instituciones, como el Nature Conservancy, CATIE, ANAI y Asociación de Pequeños Productores de Talamanca. Todos estos proyectos han buscado como mejorar los rendimientos de los cacaotales en una manera amigable con el ambiente, para que la producción de cacao no dañe la capacidad del ecosistema de brindar servicios ecológicos. Algunas de las actividades promovidos incluyen la diversificación de la sombra de los cacaotales, mejoras en la producción del cacao, utilización racional de la biodiversidad, la preservación de recursos naturales y la regulación de poblaciones de insectos dañinas en las plantaciones. A través de estos proyectos y esfuerzos, los productores han logrado mejorar su producción en una manera compatible con el ambiente. Además, han logrado certificar mas de 1500 hectáreas de producción orgánica, y han podido acceder nuevos mercados internacionales para su producto, a precios superiores. En base a esta experiencia, un proyecto similar ha sido establecido en Sapeche, Bolivia, y se espera llevar este modelo a otras regiones de la zona.

Fuentes: Andrade y Detlefson 2003, Somarriba y Harvey 2003, El Hage-Scialabba y Williamson 2004.

Agroforestería

Un segundo enfoque que es muy prometedor para conservar los ecosistemas y sus servicios es la agroforestería (Beer *et al.* 2003). La agroforestería se define como ‘el uso del sistema de la tierra que intencionalmente combina la producción de cultivos herbáceos, cultivos de árboles y animales, simultáneo o secuencial mente, para tomar una ventaja completa de los recursos’ (McNeely y Scherr 2004). Los sistemas agroforestales varían de cultivos perennes a anuales sembrados en la sombra (por ejemplo sistemas agroforestales del café y el cacao), a árboles plantados en cercas vivas, rompevientos o áreas de cultivos, huertos caseros de multi-especies y sistemas silvopastoriles (combinaciones de árboles en pastizales). Aunque la agroforestería promueve un cierto tipo de uso de la tierra en vez de un grupo específico de prácticas

por sí mismo, quienes lo practican típicamente usan muchas de las mejores prácticas de manejo descritas arriba, especialmente las relacionadas con un mejor manejo de la tierra, agua y los nutrientes. Con un manejo cuidadoso, la agroforestería puede contribuir a emplear el número de servicios ecológicos incluyendo la provisión de alimentos y productos maderables, la conservación de calidad y cantidad del agua, el secuestro del carbón, los ciclos de nutrientes y la regulación de plagas, entre otros (Beer *et al.* 2003, Montagnini y Nair 2004).

En América Latina, la agroforestería ha sido adoptada en muchos cultivos, pero particularmente en sistemas de producción de cacao y café, y en conjunto con la producción ganadera en pasturas (en sistemas denominados sistemas silvopastoriles; Murgueitio 2005). Se estima, por ejemplo, que aproximadamente el 60% del área cultivado con café en América Latina está cultivado bajo sistemas agroforestales (Perfecto *et al.* 1996). Estos sistemas son particularmente comunes en México, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Panamá. De igual manera, la adopción de sistemas silvopastoriles – como las cercas vivas y árboles dispersos en potreros- es común en la región, con ejemplos bien conocidos desde Argentina a México. Un ejemplo de un proyecto silvopastoril que busca mejorar la calidad del ecosistema y, a la vez, mejorar el bienestar familiar se discute en la **Caja 2**.

Caja 2. La adopción de sistemas silvopastoriles en Colombia, Nicaragua y Costa Rica.

La ganadería es una actividad de suma importancia en América Latina, ya que las pasturas ocupan grandes proporciones del área agropecuaria en varios países y la ganadería sirve como fuente de empleo y ingreso para muchos productores. En muchas regiones, la ganadería convencional ha resultado en la degradación del ecosistema, la contaminación de aguas, y la pérdida de biodiversidad, entre otros problemas. Para revertir esta tendencia, varios proyectos y instituciones están promoviendo el establecimiento de sistemas silvopastoriles que son sistemas de producción ganadera que combinan especies de forraje (pastos y leguminosas) con árboles y arbusto-incluyendo las cercas vivas, las cortinas rompevientos, los árboles dispersos y los bancos forrajeros. Los sistemas silvopastoriles pueden mejorar la producción animal, al promover importantes fuentes de alimento y al crear condiciones micro climáticas favorables para la producción animal. A la vez, estos sistemas pueden reducir las tasas de erosión (evitando la contaminación del agua con sedimentos) y pueden ayudar a conservar biodiversidad a través de la provisión de habitats y recursos para plantas y animales silvestres.

La adopción de sistemas silvopastoriles ha tenido mucho éxito en varias partes de la región. Por ejemplo, un proyecto GEF de CIPAV, Nitlapan y CATIE que está promoviendo los sistemas silvopastoriles en tres zonas piloto (en Colombia, Nicaragua y Costa Rica) a través de un pago por servicio ambiental, ha logrado una alta tasa de adopción (de >90%) de los productores, especialmente de sistemas de cercas vivas y árboles maderables en potreros. El establecimiento de grandes áreas de sistemas silvopastoriles está restaurando el paisaje ganadero y su capacidad de brindar servicios ecológicos, con resultados positivos en la cantidad y calidad de agua, la captura de carbono, y la conservación de biodiversidad, entre otros.

Fuentes: Murgueitio 2005, Pagiola *et al.* 2005.

Manejo integrado de plagas

El manejo integrado de plagas (MIP) es otro enfoque agrícola que adopta muchas de las mejores prácticas de manejo descritas antes. El manejo integrado de plagas se refiere a

‘el uso de todas las técnicas apropiadas para controlar plagas en una forma coordinada que aumenta en vez de destruir los controles naturales’ (McNeely y Scherr 2004). En el MIP, los plaguicidas se usan ocasionalmente y en forma selectiva, y en conjunción con los controles biológicos (tales como la predación natural y el control de plagas) y controles culturales (tal como el diseño y manejo de sistemas de cultivos que promueven poblaciones de enemigos naturales de especies de plagas). El manejo integrado de plagas incluye la mayoría de principios ecológicos descritos antes, en particular los relacionados con el manejo biológico de plagas, malezas y enfermedades y la retención de hábitat naturales dentro de los paisajes agrícolas.

Las prácticas de manejo integrado de plagas son bien conocidas en la región latinoamericana, especialmente para algunas plagas específicas como la mosca blanca, y para algunos cultivos específicos, como el repollo, el banano, y el tomate, entre otros. Sin embargo, no existen datos específicos sobre el área de producción agrícola bajo manejo integrado de plagas en la región que permitan comparar la importancia de este enfoque en diferentes países, ni identificar las oportunidades concretas para su mayor implementación.

Producción forestal

Los principios ecológicos también son la base de la producción forestal sostenible (Putz *et al.* 2001, El-Hage Scialabba y Williamson 2004). Esto es un enfoque que busca asegurar la demanda actual de productos forestales y servicios para no poner en peligro la capacidad para proveer este servicio para generaciones futuras. El enfoque principal de la silvicultura sostenible es reducir los impactos negativos de la tala en la estructura y composición de los bosques, así como en los suelos forestales. La silvicultura sostenible utiliza los principios ecológicos y biológicos (tales como la información de las tasas de crecimiento de las especies y las capacidades regenerativas) para determinar cuáles especies son taladas, que tan intensamente (y frecuentemente) se cosechan, así como cómo distribuir la tala en un paisaje- y trata de balancear la demanda actual por madera con la necesidad de esos sistemas para continuar ofreciendo servicios y productos en el futuro. Además, la silvicultura sostenible promueve el uso de métodos de tala alternativos y de bajo impacto que minimicen sus efectos en el bosque. Algunas de estas prácticas incluyen el uso restringido de maquinaria pesada, el planeamiento y ubicación cuidadosa de los caminos de tala para minimizar la destrucción del bosque y la pérdida de la tierra, la retención de parches de bosque y árboles restantes como fuentes de semillas para la regeneración natural entre otras.

En América Latina, la producción forestal sostenible esta aumentando significativamente cada año. Se estima que actualmente existen un poco mas de un millón de hectáreas de bosques naturales y aproximadamente 600,000 néctares de plantaciones bajo certificación forestal, con Argentina, Bolivia y Brazil teniendo el mayor área total certificado (WRI 2000). La certificación forestal también es de suma importancia en México, Belice y Guatemala, donde comunidades indígenas han sometidos sus bosques comunitarios bajo un manejo sostenible y certificada (ver **Caja 3** para un ejemplo).

Caja 3. La producción forestal sostenibles en bosques comunitarios de Guatemala.

La Reserva Biosfera Maya cubre un área de 2.1 millones de hectáreas en el noroeste de Guatemala y es una región de alta valor

para la conservación de biodiversidad y las culturas indígenas. Para frenar la tala ilegal de los bosques y asegurar su conservación a largo plazo, el gobierno decretó que todas las operaciones forestales dentro de la reserva tienen que seguir los estándares del Forestry Stewardship Council (FSC) que acredita la forestería sostenible. Como consecuencia de este decreto, hoy en día, existe más de 514,000 hectáreas certificadas en 16 unidades de manejo, la mayoría de los cuales pertenecen a concesiones comunitarias. El proceso de certificación ha llevado a un manejo más sostenible de los bosques, y además ha logrado mitigar, al menos parcialmente, la deforestación y el avance de la frontera agrícola. A la vez, la certificación ha traído múltiples beneficios para las comunidades que manejan las concesiones, incluyendo mejoras en la seguridad y bienestar de los trabajadores de las operaciones forestales, mejoras en la organización comunitaria, la resolución de conflictos, y aumentos en los precios recibidos por la venta de madera certificada, entre otros.

Fuente: Carrera *et al.* 2004

7. Conclusiones

Los sistemas forestales y agrícolas juegan roles importantes para proveer servicios en el ecosistema, pero las prácticas de manejo convencional están degradando estos sistemas y comprometiendo su capacidad generadora a largo plazo. Para repensar la pérdida de los servicios en el ecosistema, es urgente que se adopten nuevos enfoques al manejo del ecosistema. Los principios generales para manejar los ecosistemas y sus servicios en forma sostenible son 1) mantener suelos saludables y productivos, 2) adoptar estrategias de nutrientes integradas, 3) mejorar el manejo de recursos de agua y el ciclo hidrológico, 4) diversificar los sistemas de manejo agrícola y forestales, 5) manejar las plagas, hierbas malas y enfermedades utilizando procesos biológicos, 6) reducir la contaminación del aire, agua y tierra con agroquímicos y desperdicios, 7) minimizar el cambio climático controlando la producción de gases de efecto invernadero y 8) retener y restaurar la vegetación natural en los paisajes agrícolas.

Están disponibles una variedad de diferentes prácticas de manejo que permiten el uso sostenible de ecosistemas a medida que salvaguardan su capacidad para proveer servicios en el ecosistema para generaciones futuras. Muchas de estas prácticas ya se promueven en agricultura orgánica, agroforestería, manejo de plagas integradas y enfoques forestales sostenibles; sin embargo se requiere una adopción a una escala más amplia de estos enfoques y prácticas si se quiere revertir la pérdida de los servicios en el ecosistema. Para tener un impacto significativo, las mejores prácticas de manejo necesitarán aplicarse a escalas múltiples, de lotes a fincas a paisajes y en grandes áreas, debido a que muchos servicios se generan en áreas espaciales grandes. La implementación a gran escala de estas prácticas también es importante porque los ecosistemas en una región están muy interconectados, de forma tal que los cambios en un ecosistema invariablemente influyen (y están influenciados) por ecosistemas vecinos: por lo tanto, si se adoptan las mejores prácticas de manejo en solo una parte del paisaje, es posible que los beneficios de estas prácticas se diluyan. En consecuencia, necesitarán considerarse cuidadosamente las estrategias para aplicar las mejores prácticas de manejo a los ecosistemas y las relaciones dinámicas entre las diferentes partes del paisaje o región y el plan a nivel del paisaje o regional.

Literatura consultada

- Andrade, H. y G. Detlefsen. 2003. Principales actores de Talamanca. *Agroforesteria en las Americas*, 37/38: 6-11.
- Beer, J., C. A. Harvey, M. Ibrahim, J. M. Harmand, E. Somarriba, and F. Jiménez. 2003. Service functions of agrosilvicultura systems. *In Proceedings of the XII World Silvicultura Congress*. Quebec, Canada. 417-424 p.
- Buck, E. L., t. A. Gavin, D. R. Lee, N. T. Uphoff, D. C. Behr, L. E. Drinkwater, W. D. Hively, and F. R. Werner. 2004. *Ecoagriculture. A review and assessment of its scientific foundations*. Cornell University, Ithaca, N. Y. 142 p.
- Campos, J. J., F. Alpizar, B. Louman, and J. Parrota. 2005. An integrated approach to forest ecosystem services. *In Forests in the Global Balance- Changing paradigms*. Mery, G., R. Alfaro, M. Kanninen and M. Lobovilob (Ed.). IUFRO World Series, Vol. 17, pp. 243-262.
- Carrera, F., D. Stoian, J. J. Campos, J. Morales y G. Pinelo. 2004. Forest certificación in Guatemala. Presented in Symposium 'Forest Certification in developing and transitioning societies: social, economic and ecological effects'. Yale, New Haven, June 10-11, 2004.
- Clay, J. 2004. *World Agriculture and the environment. A commodity-by-commodity guide to impacts and practices*. Island Press, Washington, D. C. 570 p.
- Daily, G. C. 1997a. Introduction: What are ecosystem services? *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. Daily, G. (Ed.). Island Press, Washington D. C. pp 1-10.
- Daily, G.C. 1997b. *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. Island Press, Washington D. C.. 392 pp.
- El- Hage Scialabba, N. and C. Hattam. 2004. Organic agriculture, environment and food security. *Environment and Natural resources Series No. 4.*, FAO, Rome, Italy, 258 pp.
- El-Hage Scialabba, N. and D. Williamson. 2004. The scope of organic agriculture, sustainable forest management and ecosilviculture in protected area management. *Environment and Natural Resources Working Paper No. 18*. FAO, Rome, Italy. 50 pp.
- Evans, J. and J. Turnbull. 2004. *Plantation silviculture in the tropics*. Third edition. Oxford University Press, Oxford, 467 pp.
- FAO. 2003. Biodiversity and the ecosystem approach in agriculture, silviculture and fisheries. *Proceedings of the Ninth Regular Session of the Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture*. Rome, Oct. 12-13, 2002. 312 p.]
- Harvey, C.A., F. Alpizar, M. Chacón and R. Madrigal. 2005. Assessing linkages between Agriculture and Biodiversity in Central America: Historical overview and Future perspectives. *Mesoamerican & Caribbean Region, Conservation Science Program*. The Nature Conservancy (TNC), San Jose, Costa Rica. 140 pp.
- Heywood, V. H. and R. T. Watson. 1995. *Global biodiversity assessment*. Cambridge University Press, N. Y.
- Imhoff, D. 2003. *Farming with the wild: enhancing biodiversity on farms and ranches*. Watershed Media, Sierra Club, San Francisco, USA. 184 pp.
- Lindenmayer, D. B., C. R. Margules and D. R. Botkin. 2000. Indicators of biodiversity for ecologically sustainable forest management. *Conservation Biology* 14:941-950.

- Matthews, E., R. Payne, M. Rohweder, and S. Murray. 2000. Forest ecosystems. Pilot analysis of global ecosystems. World Resources Institute, Washington, D. C. 90 p.
- McNeely, J. A. and S. J. Scherr. 2004. Ecoagriculture: Strategies to feed the world and save wild biodiversity. Island Press, Washington D.C., 323 pp.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005a. Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis. World Resources Institute, Washington D.C. 16 pp.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005b. Ecosystems and human well-being. Synthesis. Island Press, 138 pp.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005c. Ecosystems and human well-being: wetlands and water. Synthesis. World Resources Institute, Washington D.C. 66 pp.
- Montagnini, F. and P. K. R. Nair. 2004. Carbon sequestration: an underexploited environmental benefit of agrosilvicultura systems. *Agrosilvicultura Systems* 61:281-295.
- Myers, N. 1997a. Biodiversity's genetic library. *In* Nature's services: societal dependence on natural ecosystems. Daily, G. (Ed.). Island Press, Washington D. C. pp 215-236.
- Myers, N. 1997b. The world's forests and their ecosystem services. *In* Nature's services: societal dependence on natural ecosystems. Daily, G. (Ed.). Island Press, Washington D. C. pp 215-235.
- Murgueito, E. 2005. Silvopastoral systems in the Neotropics. *In* Silvopastoralism and sustainable land management. Mosquera-Losada, M.R., J. McAdam and A. Rigueiro-Rodriguez (eds.). CABI publishing. Pp. 24-29.
- Naylor, R. and P. R. Ehrlich. 1997. Natural pest control services and agriculture. *In* Nature's services: societal dependence on natural ecosystems. Daily, G. (Ed.). Island Press, Washington D. C. pp 151-176.
- Pagiola, S., P. Agostini, J. Gobbi, C. De Haan, M. Ibrahim, E. Murgueitio, E. Ramirez, M. Rosales y J. P. Ruiz. 2005. Paying for biodiversity conservation services: experience in Colombia, Costa Rica and Nicaragua. *Mountain Research and Development* 28(4): 206-211.
- Putz, F.E., G. M. Blate, K.H. Redford, R. Timber and J. Robinson. 2001. Tropical forest management and conservation of biodiversity: an overview. *Conservation Biology* 15: 7-20.
- Salas, O. E. and J. M. Paruelo. 1997. Ecosystem services in grasslands. *In* Nature's services: societal dependence on natural ecosystems. Daily, G. (Ed.). Island Press, Washington D. C. pp 237-254.
- Schillhorn van Veen, T. W., D. A. Forno, S. Joffe, D. L. Umali-Deininger, and S. Cooke. 1998. Integrated pest management: strategies and policies for effective implementation. Pages 242-253 *in* Lutz, E., editor. *Agriculture and the environment. Perspectives on sustainable rural development.* The World Bank, Washington, D. C.
- Schroth, G, G. A. B. Fonseca, C. A. Harvey, C. Gascon, H. L. Vasconcelos and A. M. N. Izac. 2004. Agrosilvicultura and biodiversity conservation in tropical landscapes. Island Press, Washington, D.C. 523 pp.
- Somarriba, E. y C. A. Harvey. 2003. Cómo integrar producción sostenible y conservación de biodiversidad en cacaotales orgánicas indígenas? *Agroforestería en las Américas* 37/38: 12-17.

- Tilman, D. 1997. Biodiversity and ecosystem functioning. *In* Nature's services: societal dependence on natural ecosystems. Daily, G. (Ed.). Island Press, Washington D. C. pp. 93-112.
- United Nations. 1992. Agenda 21: the United Nations programme of action from Rio. United Nations, New York.
- White, R. P., S. Murray, and M. Rohweder. 2000. Grassland ecosystems. Pilot analysis of global ecosystems. World Resources Institute, Washington, D. C. 89 p.
- Willer, H. and M. Yussefi. 2005. The world of organic agriculture: statistics and emerging trends. IFOAM, Bonn, Germany. 190 pp.
- Wood, S., K. Sebastian, S. J. Scherr. 2000. Agroecosystems. Pilot analysis of global ecosystems. World Resources Institute, Washington, D. C. 110 p.
- World Resources Institute 2000. World Resources 2000-2001: People and Ecosystems: the fraying web of life. Washington, World Resources Institute.

ANEXO 1: TABLAS INCLUIDAS EN EL TEXTO

Tabla A1. Definiciones de conceptos clave utilizados en este informe.

Concepto	Definiciones
Mejores prácticas de manejo	Prácticas de manejo que permiten el uso sostenible de ecosistemas sin comprometer la habilidad de estos ecosistemas para proveer servicios en el futuro
Biodiversidad o diversidad biológica	La variedad de vida en todos los niveles de la organización, incluyendo la variación genética dentro y entre las especies y la variación dentro y entre los ecosistemas y biomas (Tilman 1997)
Ecosistema	Un ecosistema es un grupo de organismos (plantas, animales y microorganismos) que viven en un área, su ambiente físico y las interacciones entre ellos (Daily 1997)
Servicio del ecosistema	Los servicios de ecosistemas son los beneficios que la gente obtiene de los ecosistemas. Estos incluyen el aprovisionamiento de servicios tales como alimentos y agua; la regulación de servicios, tales como la regulación de inundaciones, sequías, degradación de la tierra y enfermedades; servicios de apoyo tales como la formación del suelo y los ciclos de nutrientes; y los servicios culturales tales como los beneficios recreativos, espirituales y otros no materiales (MEA 2005). Los servicios del ecosistema 'son las condiciones y procesos por medio de los cuales los ecosistemas naturales y las especies que lo componen sostienen y llenan la vida humana' (Daily 1997a)

Tabla A2. Resumen de algunos de los servicios ambientales previstos por diferentes ecosistemas agrícolas y forestales. Se indica una clasificación *tentativa* del grado en que estos ecosistemas proveen servicios individuales por el número de cruces: (+ = baja contribución, ++ contribución intermedia; +++ = contribución alta). Esta información debe considerarse preliminar.

Tipo de servicio	Servicio	Bosque natural	Bosque manejado	Plantación forestal	Sistemas de cultivos perennes	Sistemas de cultivos anuales	Pastizales (con animales moderados pastando)	Humedales
Aprovisionamiento	Alimentos	+	+		+++	+++	+++	++
	Madera, combustible y fibra	++	+++	+++	+			+
	Recursos genéticos	+++	++	+	+	+	+	+++
	Bioquímicos, medicinas naturales, farmacéuticos (productos novedosos)	+++	++	+	+	+	+	+++
	Agua fresca	+++	+++	++			++	+++
Regulación	Regulación de la calidad del aire	+++	+++	+++	+	+	+	++
	Regulación climática	+++	+++	++	+	+	+++	+++
	Regulación del agua (flujos hidrológicos)	+++	+++	+++			+	+++
	Purificación del agua y tratamiento de desperdicios	+++	+++	+++			++	+++
	Regulación de erosión	+++	++	++	+	+	+	+++
	Regulación de enfermedades	+++	++				+	+
	Regulación de plagas	+++	++		+	+	+	++
	Polinización	+++	++		++	++	+	+++
	Regulación de desastres naturales	+++	+++	++				+++
Cultural	Beneficios espirituales, culturales y religiosos	+++	+++	+	+	+	+	+++
	Belleza escénica y estética	+++	+++	+	+	+	+	+++
	Recreación y ecoturismo	+++	+++	+	+	+	+	+++

Fuentes de datos: Daily 1997, Myers 1997b, Salas and Paruelo 1997, Matthews *et al.* 2000, Wood *et al.* 2000, Evans and Turnbull 2004, Campos *et al.* 2005 and MEA 2005 a,b,c.

Tabla A3. Resumen de las prácticas de manejo más comunes que afectan la disposición de los principales servicios de ecosistemas dentro de los ecosistemas forestales o agrícolas.

Ecosistema	Prácticas de manejo que afectan los servicios del ecosistema	Efectos sobre los ecosistemas y servicios de ecosistemas
Ecosistemas del bosque (incluyendo bosques y plantaciones)	Cosecha de madera y otros productos Tratamientos de silvicultura (raleo de árboles, desmonte de árboles, limpieza del sotobosque y preparación de sitios) Sobreexplotación y erradicación de plantas salvajes o especies animales Conversión a otros usos de la tierra (en particular agricultura)	Cambios en la diversidad de plantas, composición, estructura que puede reducir la diversidad genética presente e influenciar potencialmente influir el control de plagas y los servicios de polinización; cambios en la capacidad forestal para almacenar carbón y agua; aumento en la erosión del suelo; cambios en las tasas de flujo de agua y periodicidad. Reducción de cubierta de suelo, que lleva potencialmente a erosión del suelo y sedimentación del agua Capacidad reducida para proveer alimentos y otros productos Capacidad reducida para proveer madera, animales de caza y otros productos forestales Los cambios en la biomasa de las plantas afectarán el ciclo de carbono y agua
Sistemas agrícolas (que incluyen sistemas de cultivos anuales y perennes)	Prácticas frecuentes y pesadas de arado Uso de fuego para eliminar vegetación y plagas no deseadas Remoción de regeneración natural o vegetación dentro del sistema por medio de desyerbado o uso de herbicidas Aplicación de herbicidas, plaguicidas, fertilizantes y otros químicos inorgánicos Remoción de especies nativas y reemplazo con especies agrícolas. Introducción de especies extrañas invasoras	Alta erosión del suelo y sedimentación de riachuelos (que reducen la calidad del agua(, baja en biodiversidad en los suelos) Aumento en la pérdida del suelo debido a la erosión del suelo; remoción de hábitat nativo por parte de predadores de insectos y polinizadores y otros animales salvajes; aumento en la volitización del nitrógeno de la tierra; contaminación de la atmósfera Mayor erosión del suelo y sedimentación de riachuelos; pérdida de hábitats para plantas nativas y especies animales Contaminación de suelos, aire y agua; Menor regulación de plagas y polinización; cambio climático inducido

	Modificaciones en sistemas hidrológicos por medio de irrigación, drenaje de humedales y cambios en la cubierta de la vegetación; extracción de agua no sostenible para la irrigación o usos agrícolas Poda o desmochado de componente de árboles intensiva Alta intensidad de cultivos (con pocos períodos o inexistentes de sin cultivación)	Competencia con especies nativas que potencialmente llevan a una reducción en la diversidad de especies Impacto sobre disponibilidad, calidad y flujo del agua; cambios en el flujo y cantidad de agua; salinización de cuerpos de agua; reducción dramática de mesas de agua y flujo de riachuelos Reducción en la diversidad estructural; impacto potencial en el almacenamiento de carbono y el ciclo Aumento en la degradación y erosión del suelo
Pastizales o prados (Sistemas de producción animal)	Intensidad excesiva de pastoreo y tasas de apacentamiento Uso de fertilizantes inorgánicos, herbicidas y otros agroquímicos; producción de desperdicios animales Uso de fuego Eliminación de vegetación nativa (en particular de bosques ribereño) por medio del desyerbeo, animales pastando	Compactación, degradación y erosión del suelo; contaminación de cuerpos de agua por medio de desperdicios animales; cambio climático inducido por medio de la producción del metano por parte del ganado Contaminación de suelos, aire y agua; menores poblaciones de insectos y menor regulación de plagas y polinización; cambio climático inducido Aumento en pérdida del suelo debido a la erosión del suelo; remoción de hábitat nativo por parte de predadores de insectos y polinizadores y otros animales salvajes; contaminación de la atmósfera Impacto en disponibilidad, calidad y flujo del agua; reducción de material genético
Humedales	Drenaje y conversión a otros usos del suelo Desviación del agua y contaminación por agroquímicos, afluentes y desperdicios industriales Introducción de especies exóticas	Reducción en disposición de alimentos y hábitat para peces, pájaros y otras especies acuáticas; reducción en la fijación y almacenamiento del carbono Capacidad reducida para filtrar agua y regular flujos de agua; capacidad reducida para evitar inundaciones Competencia con especies nativas; ciclos de producción y nutrientes alternados

Fuentes: Daily 1997 a,b, Myers 1997b, Salas and Paruelo 1997, FAO 2003, Buck *et al.* 2004, Clay 2004, McNeely and Scherr 2004, Harvey *et al.* 2005, MEA 2005a,b,c,

Tabla A4. Resumen de los principios generales y las estrategias de manejo disponibles para aumentar la provisión de servicios de ecosistemas dentro de los sistemas agrícolas y forestales, y los diferentes enfoques ecológicos /agricultura orgánica, manejo integrado de plagas, agroforestería, y agricultura de conservación) que promuevan las mejores prácticas. Las prácticas que se promueven en forma activa se indican con una 'X', mientras las que se usan ocasionalmente se indican con (X).

Principio ecológico general	Mejor práctica de manejo	Agricultura orgánica	Manejo integrado de plagas	Sistemas agroforestales (incluyendo sistemas silvopastoriles)	Manejo de bosques sostenible
1. Mantenimiento de suelos saludables y productivos	Uso de estrategias de conservación (terrazas, barreras vivientes, control de la erosión del suelo, retención de materia orgánica, etc.) para evitar la erosión y pérdida del suelo, mantener la calidad del agua para el consumo humano y reducir los riesgos de inundación	X		X	
	Uso de cultivos de cubierta, excremento y abono orgánico para aumentar el material orgánico, mejorar la estructura física del suelo y aumentar la fauna del suelo	X	X	X	
	Mejorar el manejo de ganado (por ejemplo, menor tasa de apacentamiento del ganado y uso de sistemas rotativos de apacentamiento)	X		(X)	
	Reducir el uso de arado para evitar la pérdida y erosión del suelo	X	(X)		
	Diversificar cultivos (uso de entre cultivos, cultivos mezclados o policultivos), uso de rotaciones de cultivos e incluir períodos sin cultivar para mantener la fertilidad del suelo y aumentar las comunidades biológicas en el suelo	X		X	
	Reducir el impacto de las operaciones de tala en los suelos por medio de la construcción cuidadosa y la ubicación de los caminos para la tala y el uso de métodos de tala que tengan un impacto reducido				X

Principio ecológico general	Mejor práctica de manejo	Agricultura orgánica	Manejo integrado de plagas	Sistemas agroforestales (incluyendo sistemas silvopastoriles)	Manejo de bosques sostenible
2. Adoptar estrategias de manejo de nutrientes integradas	Uso de la absorción biológica y descomposición para proveer nutrientes disponibles a la planta en vez de fertilizantes disponibles rápidamente	X	(X)	X	
	Uso de excrementos, compost, cultivos de cubierta y mezcla de paja y hojas para proveer nutrientes	X	(X)	X	
	Reducción o eliminación del uso de agroquímicos sintéticos e inorgánicos	X	X		
	Uso de métodos de arado de conservación (sin arado, labranza escasa o reducida)	X			
	Reducción en la intensidad de los cultivos o cultivos mixtos; rotación de cultivos y períodos sin cultivar para evitar el agotamiento de nutrientes en el suelo	X	X	X	
3. Mejoramiento del manejo de los recursos del agua y ciclo hidrológico	Aumentar la eficiencia en el uso del agua y la producción de Ganado, por medio de la selección de cultivos y variedades de animales apropiados para las condiciones climáticas, el desarrollo de variedades eficientes en agua de cultivos, esquemas de irrigación enfocados etc.	X			
	Evitar la contaminación del agua con desperdicios animales y químicos utilizados en la agricultura por medio del posicionamiento cuidadoso de comederos, etc. y la aplicación enfocada de agroquímicos		X	(X)	
	Reducción o eliminación del uso de agroquímicos sintéticos o inorgánicos	X	X	(X)	X
	Mantenimiento de suelos saludables con materia orgánica intacta para facilitar la filtración y retención del agua en el suelo	X	X	X	X

Principio ecológico general	Mejor práctica de manejo	Agricultura orgánica	Manejo integrado de plagas	Sistemas agroforestales (incluyendo sistemas silvopastoriles)	Manejo de bosques sostenible
4. Diversificación de sistemas forestales agrícolas y administrados, a nivel florístico y estructural y agrícola y a nivel de lote y paisaje	Combinación de perennes de madera con cultivos agrícolas y ganado	(X)		X	
	Inclusión de una variedad más grande de cultivos o ganado dentro de lotes agrícolas (es decir, para aumentar la agrobiodiversidad)	X	(X)	X	
	Uso de policultivos, entre cultivos y/o rotaciones de cultivos	X	(X)	X	
	Uso de plantaciones de enriquecimiento para aumentar la diversidad entre las especies en bosques y plantaciones administrados; retención de arbolés remanentes como fuentes de semillas				X
5. Manejo de plagas, hierbas malas y enfermedades utilizando mecanismos biológicos	Uso más eficiente y enfocado de la aplicación de plaguicidas		X	(X)	
	Adopción de sistemas de producción alternativos que requieren menos plaguicidas (es decir, sistemas orgánicos, precisión y uso de plaguicidas)	X	X	X	
	Reducción o eliminación del uso de agroquímicos sintéticos e inorgánicos	X	X		
	Diversificación de los sistemas de producción, retención de áreas de vegetación naturales y cubierta de árboles dentro de los sistemas de producción y manejo de los límites del campo para mantener las poblaciones de insectos intactas y aumentar el control de plagas naturales y optimizar la presencia de lora y fauna no cultivada que beneficie los cultivos plantados (es decir, por medio de la polinización)	X	X	X	
	Uso de control biológico para controlar plagas y enfermedades	X	X		
	Integración de cultivos de cubierta y rotación de cultivos para controlar malas hierbas y plagas	X	X	X	
	Evitar un monocultivo a gran escala que crea condiciones para que las				

	plagas y las enfermedades tengan éxito	X	X	X	
	Diseño y manejo de plantaciones forestales para reducir el daño por plagas				X
6. Reducción de la contaminación del agua, aire por agroquímicos y sedimentación	Reducción en el uso de plaguicidas y fertilizantes y enfocar la aplicación de agroquímicos con cuidado	X	X		
	Localización de Fuentes de puntos de contaminantes (por ejemplo, comederos, caminos de tala) lejos de ríos y cursos de agua		X		X
	Uso de estructura física o tiras de vegetación como filtros para proteger los riachuelos de la contaminación agrícola		X	X	X
	Reducción en la contaminación del agua por los desperdicios de ganado utilizando boñiga del ganado en producción de sistemas de cultivos o desperdicios de compost	X	X	X	
	Minimización del uso de insumos externos y más bien maximizar el uso de ciclos de nutrientes internos	(X)			(X)
	Conservación o restauración de humedales en áreas agrícolas para filtrar los contaminantes agrícolas				
	Uso de tala de impacto reducido para evitar la erosión del suelo y la sedimentación del agua				X
7. Minimizar el cambio climático al controlar la producción de gases de invernadero	Mejorar el manejo de nutrientes en los sistemas agrícolas y de ganado (ver recomendaciones para el principio #2)	X	(X)	X	
	Mejoramiento del manejo del ganado para reducir las emisiones de CO ₂ y el metano de los sistemas de pastizal	(X)		(X)	
	Reducir o limitar la conversión de ecosistemas naturales al uso de la tierra agrícola	(X)			X
	Evitar el drenaje y la conversión de humedales en la agricultura	(X)			(X)
	Reducir el uso de la quema en los sistemas agrícolas y de silvicultura	X		X	X

8. Retener y restaurar la vegetación natural dentro de los paisajes manejados	Mantener los parches de bosque restantes, las franjas ribereñas, la cubierta de árboles y otras vegetaciones nativas dentro de los sistemas de producción	X	(X)	X	X
	Retener la vegetación nativa presente en las franjas fronterizas y márgenes de campo	X	X	X	
	Restaurar las áreas degradadas a hábitat natural por medio de la regeneración natural o la reforestación	(X)	(X)	(X)	X
	Incorporar árboles y otras plantas nativas en los sistemas de producción como cercas vivas, rompevientos o sombra para cultivos	X	(X)	X	

Fuentes: Schillhorn van Veen *et al.* 1998, Beer *et al.* 2003, Imhoff 2003, McNeely and Scherr 2003, FAO 2003, Buck *et al.* 2004, Clay 2004, El- Hage and Hattam 2004, El- Hage and Williamson 2004, Harvey *et al.* 2005, MEA