
Pago por servicios ambientales en los sistemas agroforestales, Costa Rica

Liana Babbar Amighetti, liana@racsa.co.cr, Consultora en Recursos Naturales, Profesora Universidad para la Paz

INTRODUCCIÓN

Los servicios ambientales son el conjunto de condiciones y procesos naturales que la sociedad puede utilizar. Entre estos se cuentan los servicios que puede proveer las especies y los genes (biodiversidad), la conservación del suelo, la captura de agua, la estabilidad climática, los ciclos básicos de nutrientes, así como los valores estéticos y filosóficos.

Desde 1995, el Gobierno de Costa Rica, estableció el pago por servicios ambientales (PSA) a los servicios ambientales proporcionados por bosques naturales y plantaciones forestales. En el 2003 este beneficio se extendió también a los Sistemas Agroforestales (SAF). La Red Agroforestal de Costa Rica propuso incluir los SAF en la Ley Forestal Nacional, -junto con los bosques naturales y las plantaciones forestales-, como sistemas que pueden recibir PSA.

Los SAF son aquellos sistemas agrícolas que combinan leñosas perennes (árboles y arbustos) con cultivos y/o con animales o pastos. Estos pueden tener una enorme diversidad de especies, diversos arreglos cronológicos y espaciales, y manejo, e incluyen cultivos perennes (como café y cacao) con árboles de sombra, árboles dispersos en cultivos anuales o pastos, árboles en linderos, cercas vivas, cortinas rompevientos, bancos forrajeros, pastoreo bajo plantaciones forestales, etc.

Los SAF, bien manejados, pueden proporcionar una serie de beneficios económicos y sociales a los productores. Asimismo, pueden proporcionar una serie de beneficios ambientales, similares a los que proporcionan los bosques, que incluyen: estabilización de las cuencas hidrográficas, estabilización del clima, conservación de la biodiversidad, etc.

Estos nuevos incentivos reflejan un cambio filosófico en cuanto a estrategias de conservación y manejo de recursos naturales a nivel mundial. Desde 1872, con la creación del primer parque nacional, -el Parque *Yellowstone* en los EEUU, se popularizó la idea de que la conservación consistía en tomar áreas naturales poco o nada adulteradas y protegerlas legalmente. A raíz de esto, se crearon en casi todos los países Sistemas Nacionales de Áreas de Conservación, constituidas por parques nacionales y otras categorías de manejo.

Sin embargo, todas estas áreas protegidas constituyen tan solo un pequeño porcentaje del paisaje total, a lo que cabe añadir que muchas enfrentan retos para cumplir sus funciones de conservación debido a problemas como restricciones de recursos, de personal capacitado, etc. Dado que la mayoría de la tierra actualmente se encuentra bajo producción agropecuaria se ha generado la conciencia de que el destino de la biodiversidad, la conservación de suelos y aguas, y hasta el cambio climático, dependen en gran medida de los *hábitats* no protegidos, incluyendo las áreas agrícolas.

Este trabajo pretende hacer una breve revisión los servicios ambientales que han sido priorizados por los nuevos incentivos a nivel de agroecosistema (ó SAF): captura o conservación del agua, secuestro de carbono (C), y conservación de la biodiversidad. Se excluye al turismo por razones de espacio. Se incluye una breve discusión sobre el estatus de la misma, así como un análisis de algunas posibles ventajas y desventajas.

Captura ó conservación del agua

El agua es un recurso fundamental para toda forma de vida por lo que su conservación y manejo deben constituir una prioridad en todo el mundo. En los próximas dos décadas la escasez de agua podría representar la principal amenaza ambiental a nivel mundial, especialmente en los países en desarrollo. Hace poco las Naciones Unidas declararon que, de mantenerse los actuales niveles de consumo, hacia el año 2025 unos 2700 millones de personas sufrirían una severa escasez de este vital recurso.

La calidad del agua para el consumo humano es otro gran problema. Cada año mueren millones de personas en el mundo, sobre todo niños, a causa de enfermedades transmitidas por agua contaminadas. Prácticamente sin excepciones, el deterioro y contaminación del agua utilizable por los humanos en todos los países es alarmante (WHO 2000).

Aunque la Tierra es mayormente un planeta acuático, la mayoría del agua se encuentra contenida en los océanos. Solamente alrededor del 2,5% del total mundial es agua fresca, y menos del 1% se encuentra en ríos, lagos y reservorios subterráneos superficiales que pueden ser utilizados a bajo costo (WHO 2000).

La preservación de la disponibilidad y calidad del agua disponible está íntimamente ligada al manejo de las cuencas hidrográficas. Estas son las unidades naturales para la gestión, planificación y el monitoreo ambiental.

Las cuencas hidrográficas son unidades naturales del terreno, rodeadas por montañas o partes elevadas donde el agua fluye hacia un mismo punto. De esta manera se conforma una red fluvial, a menudo formada de micro-cuencas, donde se dan complejas interacciones biofísicas, sociales y económicas.

El mal manejo y deterioro de las cuencas conlleva pérdidas en la disponibilidad de agua potable y la fertilidad del suelo, sedimentación de canales de irrigación y represas hidroeléctricas, inundaciones en zonas bajas, destrucción de zonas costeras y disminución de la biodiversidad. También disminuye la capacidad de recarga de los

acuíferos, se aumentan los costos de producción de la hidroelectricidad y del suministro de agua potable, y se generan pérdidas de infraestructura civil y hasta de vidas humanas. En general, el buen manejo de las cuencas incide sobre una mejor calidad de vida.

La unidad para el manejo y conservación de las cuencas hidrográficas, a su vez, suele ser la finca o la unidad productiva. Evidentemente, dentro de las fincas el buen manejo de los agroecosistemas, incluyendo los SAF, es fundamental para fines de conservación.

La agroforestería contribuye a la conservación de las cuencas hidrográficas de la siguiente manera (Jiménez 2001):

- Mejoramiento de la estabilidad de la cuenca y mantenimiento de su potencial productivo
- Reducción factores desestabilizadores asociados a la agricultura migratoria, ganadería intensiva, incendios forestales, deforestación y cacería indebida
- Disminución de la presión sobre recursos en la cuenca al generar recursos y mejorar las condiciones socio-económicas de la población
- Protección de infraestructuras civiles
- Mantenimiento de la calidad de la atmósfera, evitando la alteración de la composición o proporción de sus gases
- Regulación de vientos locales, lo que ayuda a mantener la estabilidad y dinámica de los ecosistemas
- Regulación de la temperatura ambiental, evitando los extremos de máximas y mínimas capaces de afectar el desarrollo normal de los organismos
- Mantenimiento de la diversidad genética, esencial para el desarrollo de la agricultura, la industria y la medicina

La agroforestería en el manejo y conservación de suelos y aguas

Para evitar el deterioro de las cuencas hidrográficas con el consecuente daño al recurso hídrico, es imperativo conservar el suelo. Esto implica, manejarlo con el fin de conservar o restaurar la fertilidad natural, así como el control de la erosión.

Los agroecosistemas que incluyen árboles contribuyen a la disminución de la erosión hídrica por medio de una serie de mecanismos (Cuadro 1). A su vez, las leñosas perennes pueden estabilizar cárcavas en parcelas agrícolas, riberas de ríos, quebradas y canales; y pueden prevenir la erosión eólica.

Cuadro 1. Algunos mecanismos de las leñosas perennes para el control de la erosión hídrica y sus consecuencias ambientales.

LEÑOSAS PERENNES	CONSECUENCIAS DIRECTAS
El follaje y la hojarasca reducen el tamaño e impacto directo de las gotas de lluvia sobre el suelo y disminuyen el desprendimiento de partículas	Disminuye la sedimentación y contaminación de ríos, lagos, canales de irrigación y represas hidroeléctricas
Raíces y tallos sirven como barrera mecánica que reduce la velocidad de descenso del agua y atrapan partículas de suelo	Disminuyen el riesgo de cabezas de agua e inundaciones
El incremento de materia orgánica de hojas, tallos y raíces mejora la capacidad de infiltración del suelo	Mantienen la capacidad de recarga de los mantos freáticos y aguas subterráneas

Fuente: Modificado de Jiménez (2001).

La evidencia experimental muestra que la pérdida de suelo por erosión en los SAF es significativamente menor que en los monocultivos, aún cuando no se apliquen medidas especiales de conservación de suelos, como el uso de barreras. Evidentemente, cuando se combinan diversos SAF con el uso de barreras vivas la erosión resulta aún menor (Cuadro 2).

Cuadro 2. Nivel de erosión (kg/ha) para diferentes formas de uso de la tierra en áreas de ladera en Puriscal (Costa Rica).

Uso de la tierra	1990 / 1991	1991 / 1992
Maíz tradicional (Maíz sembrado en contorno)	334 (periodo de cultivo)	484
<i>Brachiaria ruziziensis</i> entre barreras vivas de <i>Malvaviscus arboreus</i> y <i>Erythrina poeppigiana</i>	25	7

* Las partículas más finas (arcilla y limo) se movilizan en mayor proporción (85%).

Fuente: Faustino (1994)

Se considera que los árboles pueden “bombear” nutrientes de capas profundas del suelo y almacenar grandes cantidades en su biomasa, aún cuando la evidencia experimental es relativamente escasa. Asimismo, existen relativamente pocos datos sobre la capacidad de los árboles en SAF para disminuir la contaminación de aguas subterráneas con agroquímicos o nutrientes producto de la lixiviación. Babbar y Zak (1995) encontraron 3 veces más lixiviación de nitratos de cafetales a pleno sol, que de agroecosistemas cafetaleros con árboles de sombra (Cuadro 3). Los nitratos pueden constituir una importante fuente de contaminación del agua, pues son tóxicos para el consumo humano a concentraciones relativamente bajas (> 10 ppm de NO₃⁻ -N).

Cuadro 3. Pérdida de nitratos ($\text{NO}_3^- - \text{N}$) de cafetales a pleno sol y con árboles de *Erythrina poeppigiana*, Valle Central, Costa Rica.

Agroecosistema	Pérdida de $\text{NO}_3^- - \text{N}$ (kg/ha/año)
Café a pleno sol	24
Café con sombra de <i>E. Poeppigiana</i>	9

* medidos a 60 cm bajo la superficie del suelo.

** A concentraciones > 10 ppm, el NO_3^- es tóxico para el consumo humano.

Fuente: Babbar y Zak 1985.

Utilización de SAF para la captura de agua

Existen una serie de ejemplos a nivel mundial sobre el potencial de los SAF para proveer servicios ambientales por captura de agua o desempeño hidráulico, es decir, para disminuir la escorrentía de la lluvia sobre la superficie del suelo, propiciando la infiltración de agua que alimenta los mantos acuíferos y alarga la duración del ciclo del agua.

En zonas áridas y semi-áridas de México, donde la extracción de agua subterránea es muy alta, se está gestionando que diversas empresas que se benefician del recurso paguen a los productores que utilizan SAF por el servicio de captura y conservación del agua (Burnstein 2000).

En Costa Rica, las tarifas establecidas para el pago de servicios de cuencas por bosques naturales y plantaciones fueron producto de negociaciones entre FONAFIFO y las empresas (como la CNFL y la Hidroeléctrica Platanar) como resultado de un balance entre la disposición de pagar y la importancia de conservar los bosques para la protección del recurso hídrico. Adicionalmente se hizo una valoración económica ecológica del recurso hídrico en la cuenca de Arenal (de Camino 2002) que determinó en términos físicos y monetarios el potencial hídrico de dicha cuenca. En el proceso de valoración se combinaron varios enfoques de mercado y no mercado. Una vez determinado el valor del agua se estudió una estructura de tarifas que internaliza el costo ambiental en los precios de los servicios.

Los SAF tienen la capacidad de resolver un amplio rango de problemas ambientales específicos, por lo que con frecuencia un mismo SAF desempeña múltiples funciones de conservación y, aunque se pague por un solo servicio, están desempeñando varios a la vez.

Es importante destacar que las especies arbóreas utilizadas en los SAF difieren en su capacidad de modificar las características del suelo. Los efectos también varían dependiendo de las condiciones del sitio, las combinaciones de especies dentro del ecosistema, los arreglos cronológicos y espaciales, y los métodos de manejo.

También es importante recordar, que no todas las ventajas de los SAF están apoyadas por suficiente evidencia experimental. Los SAF también pueden tener efectos negativos sobre el ambiente: por ej., los árboles pueden hospedar plagas de los cultivos asociados, o contribuir a la acidificación del suelo (Jiménez y Muschler 2001).

PSA para captura de agua

En manejo de cuencas, producción y conservación de aguas hay variadas iniciativas que tienen por objetivo la conservación de la cuenca para producción de agua para consumo en la agricultura, en la industria y consumo humano. Cada vez hay más voluntad para transformar la disposición de pagar por agua de calidad, en pago efectivo para cubrir los costos de manejo de las cuencas, incluyendo las facilidades de almacenamiento y tratamiento, los costos de manejo de la vegetación y los suelos.

También es cada vez más frecuente que los productores de energía y otros tipos de producción que requieren de grandes cantidades de agua, tales como las empresas productoras de energía hidroeléctrica, las cervecerías y otros complejos energéticos e industriales, empiecen a compensar a los propietarios en las cuencas por mantener una cobertura vegetal adecuada a través de pagos por hectárea conservada o bien manejada. De este modo los costos del manejo de las cuencas empiezan a ser internalizados en los costos de producción de energía, de las bebidas, del m³ de agua de consumo humano y para riego. Además, es relativamente fácil determinar el monto de las compensaciones para la conservación, si existen planes para el manejo de las respectivas cuencas. En general los beneficiarios por el servicio de producción de agua son locales, regionales y máximo nacionales, aún cuando podrían ser bi o tri nacionales en el caso de cuencas fronterizas. Hay un gran potencial de generalización para la consideración del pago del servicio ambiental del agua (de Camino et al. 2002).

Importancia de los sistemas agroforestales para la fijación de carbono atmosférico

El llamado “efecto invernadero”, es decir, el calentamiento paulatino del clima mundial, se produce por el incremento de C en la atmósfera (principalmente en forma de CO₂) y otros gases. Este C proviene del incremento desmedido en la combustión de derivados del petróleo para los procesos industriales, de transporte y domésticos, el cual ha aumentado 3,5 veces en los últimos 50 años.

Los árboles (y la vegetación en general) capturan, almacenan y liberan C como resultado de los procesos de fotosíntesis, respiración y descomposición de la materia orgánica. El saldo es una captura neta positiva cuyo monto depende del manejo de la cobertura vegetal, así como la edad, composición y estructura de la misma. Este servicio ambiental de secuestradores (o “sumideros”) de C permitiría disminuir (balancear) la concentración de este elemento, por lo que una de las formas de evitar el exceso de C atmosférico es proteger los bosques y buscar una disminución de las tasas de deforestación.

La vegetación secuestra C en forma proporcional a su biomasa. Por consiguiente, las plantaciones forestales y los SAF, por su estructura compleja, pueden desempeñar un

importante rol en el ciclo global de C mediante su acumulación temporal en la biomasa tanto aérea como radicular.

Es importante señalar la diferencia entre el secuestro y el estacionamiento de C. En realidad en un bosque natural no manejado, no existe secuestro neto de C, contrario a lo que ocurre en plantaciones en crecimiento o en los SAF.

Otro mecanismo por el cual los SAF contribuyen a la disminución de C atmosférico, es que pueden disminuir la presión sobre los bosques porque permiten estabilizar la producción agrícola al dejar que los agricultores cultiven durante más tiempo áreas ya deforestadas; esto incluye la estabilización de los agricultores migratorios.

Cuánto cuesta y quién compra una tonelada de C?

La capacidad de fijación de C en los SAF, es variable. En las zonas bajas de Chiapas, México, se calculó que en un periodo de 150 años, un cerco vivo puede fijar 92 t C/ha, una plantación de café con árboles de sombra 116 t C/ha y un sistema *taungya* (plantación de árboles maderables intercalados con cultivos de ciclo corto) 277 t C/ha. En las zonas altas de Chiapas, la fijación de los cercos vivos y el sistema *taungya* no alcanza el 50% de estas cifras (De Jong *et al.* 1995).

Existen numerosas experiencias de PSA en plantaciones forestales, pero relativamente pocas que incluyan el componente agroforestal. Los siguientes ilustran un par de ejemplos en este sentido:

El Proyecto Agro-Forestal (PAF) (CARE/ Guatemala) es posiblemente el primer proyecto en el mundo de compensación por emisiones de C (1988). Fue diseñado para 40 años, y el principal financista fue *Applied Energy Services* (AES Thames, Inc.) para compensar las emisiones de C de una planta de energía. Involucra 10.700 ha. (54% de plantaciones y 46% de sistemas agroforestales, secuestrando un total 5,2 millones de toneladas de C. La iniciativa funcionó como un proyecto tradicional de extensión rural de sistemas agroforestales y de plantaciones, financiando parte de los costos de establecimiento (de Camino *et al.* 2002).

En México desde 1996, la Federación Internacional de Automovilismo (FIA) apoya un proyecto de captura de C (proyecto “*Scolec Té*”, árboles creciendo en idioma *tzeltal*), en las zonas indígenas de Chiapas. En 1997 se hizo la primera compra de 5.500 toneladas de C a un precio que varió entre US \$8,00 y US \$12,00 /tC. En este mismo año se estableció un fideicomiso para administrar el financiamiento del proyecto piloto y negociar la venta de “proto créditos de C”. La remuneración a los productores se programa en tres pagos durante el turno de las plantaciones que se estima en 10 años. La rentabilidad del proyecto está cuestionada, puesto que la rentabilidad en el uso alternativo es mayor que con el pago de servicios ambientales, por lo que se debe orientar fundamentalmente a zonas marginales con usos alternativos menos nobles (de Camino 2002).

No existe en la actualidad un mercado de captura de C plenamente formado. La mayoría de las transacciones realizadas han sido directamente entre gobiernos u ONG's y los proveedores de servicios. Quienes pagan estos servicios incluyen gobiernos de países desarrollados (los que más aportan a la contaminación),

organizaciones como la FIA, y fideicomisos establecidos por diversas instituciones nacionales e internacionales (por ejemplo, FONAFIFO en Costa Rica).

Calcular el valor de mercado de cada tonelada de C es muy complejo. Depende de los costos marginales del cambio climático -difíciles de calcular- así como de las especies, su manejo, las condiciones de clima, de suelo, etc. Esto implica que existirán diferencias entre países, regiones y tecnologías sobre la capacidad de fijación, las cuales dependerán de aspectos como costos de oportunidad de uso alternativo del suelo, disponibilidad de recursos, monitoreo del C capturado, riesgo del proyecto, etc.

Existen además otros costos, como la investigación necesaria para determinar los precios y el costo de establecimiento de los proyectos. Los precios fijados fluctúan entre US \$1 y \$30 por t C/ha durante un periodo de años variable. El estándar utilizado por los consultores en este campo es de \$10 por t C/ha (ECCM 2002).

Incuestionablemente se debe generar más información técnica para poder incluir los SAF dentro de esquemas de PSA en este rubro. Asimismo, para que un país pueda acceder a estos pagos debe contar con un marco legal e institucional que permita identificar, planear, ejecutar y administrar eficientemente proyectos de captura de C.

Manejar el C significa controlar las emisiones, con todas las consecuencias económicas, sociales, técnicas y políticas que esto implica, tanto a nivel individual, como de empresa, o país. Esto resulta sumamente complejo y no existe una solución única, ni tecnológica ni política, sino que deben combinarse una serie de tecnologías y prácticas de manejo de recursos. El *Edinburgh Centre for Carbon Management* (ECCM 2002) provee información actualizada sobre el tema del C, y auspicia algunos esquemas de acuerdos entre compradores y vendedores.

PSA por captura de carbono

En cuanto al servicio de captura de C hay diferentes situaciones. Abundan los casos en que alguien que emite (una empresa termoeléctrica, los consumidores de combustibles fósiles), paga para que alguien secuestre a través de SAF, plantaciones forestales, fomento de bosques secundarios y conservación de bosques. En general estos sistemas se han orientado hacia la creación de bosques comunitarios y la inversión pasa a ser propiedad de las comunidades beneficiadas y no de las empresas, que bien podrían simplemente compensar a su beneficio a través de reforestar y luego aprovechar los productos maderables. Se trata principalmente de sistemas bilaterales empresa-comunidad.

Otro grupo de casos son aquellos en que se generaliza el principio de “el que contamina paga” o “el que usa paga” y operan a través de impuestos específicos, nacionales o estatales. Esos sistemas tienen la propiedad de beneficiar a un grupo mucho mayor de usuarios de servicios y de propietarios de los recursos naturales y además permiten acciones permanentes, que no están limitadas a la vida total de un proyecto específico. Estos tipos de financiamiento tienen sin embargo algunos problemas de asignación real de fondos y de discrecionalidad de las asignaciones que deben corregirse. La prioridad asignada a los servicios ambientales es un aspecto clave en la asignación de recursos.

Los sistemas agroforestales y el manejo y conservación de la biodiversidad

Importancia de la biodiversidad

La biodiversidad se define como la variabilidad de todos los organismos vivos y los complejos ecológicos donde estos ocurren.

La diversidad por lo general se mide como el número de especies por área, o su frecuencia relativa. Esto se hace por simplificación, ya que la biodiversidad también incluye los genes de cada especie y las interacciones entre especies y el ambiente (Harvey 2001).

La biodiversidad desempeña un papel fundamental en la sustentabilidad de la población humana. Estos reservorios de germoplasma son indispensables para la producción de alimentos, de productos forestales, de medicinas y de productos agroindustriales además de proveer otros múltiples beneficios económicos y ecológicos. La biodiversidad en general, y la conservación de especies en particular, son temas de moda en la agenda ambiental ya que existe preocupación por la acelerada tasa de pérdida de especies de las últimas décadas (Harvey 2001).

Costa Rica es un país privilegiado en cuanto a su potencial biológico y genético, por tener una de las tasas de diversidad por unidad de área más altas del mundo. Sin embargo, la gran mayoría de los seres vivos no han sido identificados al nivel de especie (algo que comparte con todos los países tropicales). Asimismo, el 2% de todas las especies que la habitan se encuentran amenazadas. Esto incluye el 20% de todos los animales vertebrados, entre ellos:

- 100% de todos los peces de agua fresca
- 45% de los anfibios
- 12% de las aves
- 6% de los mamíferos

Una de las formas de valorar la biodiversidad es a través del valor de opción que representan; por ejemplo, debe considerarse el potencial de la biodiversidad para la bioprospección. Esta es, la investigación y exploración selectiva de la diversidad biológica y el conocimiento indígena con la finalidad de encontrar recursos genéticos y bioquímicos valiosos desde el punto de vista comercial (Mendelsohn y Balick 1995). Un buen ejemplo de este potencial es el trabajo del Instituto Nacional de Biodiversidad de Costa Rica (INBIO; www.inbio.ac.cr) que ha sentado pautas en la bioprospección para el desarrollo de fármacos (Obando 2002).

La biodiversidad puede constituir una fuente de ingresos para los pobladores locales, por ejemplo, para desarrollar el ecoturismo, obtener incentivos para la conservación, u obtener acceso a mercados de especialidad. Numerosas especies de fauna pueden contribuir al desarrollo económico local a través de la cacería controlada, o del establecimiento de zocriaderos que generaren productos y servicios incorporables a un mercado legal y certificado. Tal es el caso de los mariposarios, zoológicos, o fincas de reproducción de especies amenazadas (Edwards y Abivardi 1998).

Existen además razones estéticas o espirituales para conservar la naturaleza que, en general, conllevan a un incremento en la calidad de vida. Estas incluyen la conservación de la belleza escénica, los valores religiosos y la oportunidad de obtener inspiración artística (Jiménez y Muschler 2001).

Biodiversidad en los SAF

Los SAF pueden contribuir a la conservación de la biodiversidad activamente, por ejemplo, cuando desempeñan la función de corredores biológicos en medio de paisajes agrícolas, o como zonas de amortiguamiento alrededor de áreas naturales. Pero también existen altos índices de biodiversidad espontánea en diversos agroecosistemas que los convierte en alternativas económica y técnicamente viables que permitirían a los productores obtener PSA y acceder mercados de especialidad.

En los SAF la biodiversidad puede ser planificada, donde el productor toma una decisión sobre las especies y razas de animales, o de gramíneas, árboles y otras plantas que quiere introducir en su sistema; o bien puede ser espontánea, donde asociadas a las anteriores en forma involuntaria también se introducen otras especies de plantas (por ejemplo malezas) y especies animales, como aves, mamíferos, insectos, y otros. Aunque no siempre la introducción espontánea de otras especies tiene un efecto positivo, muchas especies y comunidades pueden proveer beneficios económicos directos, o bien desempeñar servicios ambientales que favorecen la vida humana.

Existen numerosos trabajos que cuantifican la biodiversidad de algunos organismos vivos dentro de los SAF. Un estudio de caso de cortinas rompevientos jóvenes en Monteverde, Costa Rica, reveló que las mismas abrigan plántulas de más de 90 especies de árboles, lo que representa un cuarto de todas las especies arbóreas encontradas en la región. Además, son visitadas por más de 80 especies de aves, incluyendo una variedad de frugívoros, insectívoros y nectarívoros, y múltiples especies de insectos, muchas de las cuales son organismos beneficiosos, como polinizadores de cultivos o parásitos de plagas.

Estudios similares se han realizado sobre biodiversidad en árboles aislados en potreros en Veracruz, México y en Monteverde, Costa Rica. En ambos casos se observó un alto número de especies arbóreas (98 y 190 respectivamente), así como plantas epífitas, lianas, musgos, y otra flora. Asimismo, estudios en Belice sobre este diseño reflejó su importancia para atraer aves y otros animales (Harvey 2001).

En un SAF que combina leñosas perennes con pastos (conocido también como Sistema Silvopastoril ó SSP), los árboles y arbustos proporcionan condiciones edafoclimáticas que favorecen el desarrollo de una rica y variada fauna en el suelo, al respecto Sánchez *et al.* (1998) observaron incrementos en el número de individuos por metro cuadrado en los SSP con respecto a áreas con pastos en monocultivos (Cuadro 4). Al comparar los índices ecológicos de diversidad entre las áreas arboladas y sin árboles observaron en los SSP una mayor riqueza de especies, abundancia proporcional de organismos en el suelo, equitatividad, diversidad y dominancia en el SSP, que en áreas sin árboles.

Cuadro 4. Comportamiento de la macrofauna edáfica en sistemas con y sin árboles.

Clase	Orden	SSP	Sistema sin árboles
Insecta	Coleoptera	180	88
	Orthoptera	10	-
	Dermaptera	8	2
Miryapoda	Diplopoda	10	4
Crustacea	Isopoda	26	8
Oligochaeta	-	66	68
TOTAL		300	170

Fuente: Adaptado de Sánchez, Hernández y Simón (1998)

La biodiversidad en el suelo puede a su vez ser un elemento que actúa positivamente en otros aspectos de la producción animal *per se*. Por ejemplo, al comparar la cantidad de huevos de larvas de nemátodos gastrointestinales en las bostas de bovinos en crecimiento en SSP con sistemas de monocultivo de pastos, en el primero ocurre una disminución notable de la infestación debido posiblemente a que las heces contaminadas son eliminadas por los coprófagos antes de que los parásitos alcancen el estado infectivo (Soca y Arece 2002).

Café con sombra

En general, los agroecosistemas cafetaleros que contengan especies arbóreas (“sombra”) albergan una rica diversidad de aves, mamíferos, insectos, plantas, etc. (Perfecto *et al.* 1996). En el caso de las aves, por ejemplo, los árboles de sombra les proveen sitios para posarse, donde anidar y fuentes de alimento. En algunos cafetales se han reportado más de 180 especies de aves. En regiones muy deforestadas, como Centroamérica, los cafetales con sombra son cruciales para la conservación de la avifauna, tanto residente como migratoria.

A nivel local la biodiversidad en estos cafetales puede desempeñar funciones ecológicas, como el control de plagas (Vandermeer y Perfecto 1998) y contribuir al desarrollo del agro-ecoturismo. Sin embargo cabe destacar la importancia que tiene esta diversidad en el acceso a mercados especializados. Uno de éstos, de creciente importancia en los Estados Unidos, es el “café amigable con las aves” *bird-friendly*. Un número cada vez mayor de consumidores están dispuestos a pagar un sobreprecio para el café proveniente de plantaciones que ayuden a conservar la avifauna. Actualmente este sobreprecio fluctúa entre un 30% y un 150%.

El *Smithsonian Migratory Bird Center* ha establecido algunos criterios que deben cumplir los cafetales para ser certificados como amigables con las aves. Por ejemplo, deben incluir al menos 10 especies arbóreas, usar especies nativas perennes, mantener una cobertura del dosel de 12-15 m, minimizar el uso de agroquímicos, utilizar cercos vivos y cumplir ciertas recomendaciones de manejo. Sin embargo, debe recordarse la alta variación que existe entre regiones y que estos conceptos -relativamente recientes- se encuentran en evolución. Es posible que algunos de estos criterios varíen en el futuro.

Sistemas de compensación por la conservación de la biodiversidad

Uno de los retos para establecer sistemas de compensación por la conservación de la biodiversidad es cómo definir un precio que refleje cuánto cuesta en sí, o cuantificar los servicios que provee. Incuestionablemente, los PSA deben ser parte integral de la Estrategia Nacional de Conservación de la Biodiversidad, del Gobierno de Costa Rica (www.minae.go.cr/estrategia).

En México hay una experiencia en bioprospección en los Altos de Chiapas. En ella se alían varias instituciones internacionales con el objetivo de buscar plantas medicinales en zonas de población maya. El acuerdo establece la creación de un fideicomiso cuyos beneficiarios serán las comunidades participantes, con el 25% de las regalías provenientes de cualquier medicamento que pudiera resultar, para ser invertidos en proyectos productivos cooperativos, proyectos de capacitación comunitaria, y becas para estudiantes indígenas preferiblemente ligados al aprovechamiento sostenible de su flora medicinal.

En El Salvador, apenas el 5% del territorio tiene cobertura forestal (1.040 km²). Las áreas de cultivo de café cubren 196 mil ha y representan la más importante “cobertura boscosa” del país con aproximadamente 9% de la superficie. El 90% es café bajo sombra para favorecer la biodiversidad -509 especies de aves-. Productores, cooperativas, exportadores, gobierno y universidades ejecutan desde 1998 el Proyecto Café y Biodiversidad con financiamiento y donación de por parte del GEF/BM. El proyecto trata de: 1) mantener y ampliar áreas de cultivo de café con sombra; 2) establecer el corredor biológico mediante plantaciones de café; 3) promover “biodiversidad amigable” con cultivo de café bajo sombra.

En Costa Rica se han establecido contratos entre el Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio) y la transnacional farmacéutica *Merck & Dohme* para bioprospección de plantas e insectos. El primer contrato fue por US \$1 millón, de los cuales 10% se asignaron a Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), así como 50% de los derechos en caso de encontrarse un fármaco comercial. Se invirtieron US \$180,000 adicionales para instalación de laboratorios. Posteriormente INBio ha firmado alrededor de 125 convenios de investigación de naturaleza similar con compañías internacionales¹.

También existe en Costa Rica un proyecto de Ecosistemas de Cacao Orgánico y Cultivos Asociados con Comunidades Indígenas y Afro del Caribe. El proyecto trabaja con indígenas, afros y ladinos en un área con 3.700 productores de cacao y cultivos en asocio y se ubica dentro del Corredor Biológico Mesoamericano (CBM) con la práctica de policultivo que permite además de café tener árboles maderables y frutales. En su alrededor, se siguen cultivando gran cantidad de plantas comestibles, medicinales, de construcción, para artesanía y usos de los animales y microorganismos propios de la biodiversidad. Los agricultores orgánicos certificados reciben un sobreprecio por sus productos que pueden llegar hasta un 30% por sobre el producto convencional.

PSA para conservación de la biodiversidad

En biodiversidad se consideran diferentes niveles, desde macro-espacial, hasta micro y nano-espacial, pues importa tanto la conservación de un paisaje, de un ecosistema, de una especie de la flora o fauna, de un microorganismo del suelo, etc. Los ejemplos señalados muestran un cierto potencial para la bio-prospección y el aprovechamiento de principios farmacológicos. El usuario es una compañía química y el que vende el servicio es una comunidad o el sistema de áreas protegidas, que utiliza los fondos sea para complementar su ingreso o para mantener el sistema de áreas protegidas.

Otro grupo de casos está en la producción de café y cacao con sistemas que fomentan la biodiversidad y que se financian con fondos de proyectos o a través del precio del producto orgánico. Los beneficiarios son los consumidores de productos orgánicos y la sociedad global, al fomentarse la conservación y mejoramiento de la biodiversidad. Los mecanismos basados en los principios farmacológicos tienen problemas en relación a los derechos sobre la biodiversidad, por ejemplo una especie. Los sistemas basados en la diversificación dependen del mercado del producto principal.

Programa de PSA en Costa Rica

El PSA es promovido por el Fondo Nacional de Financiamiento forestal FONAFIFO y se brinda como una retribución económica a los propietarios (as) de terreno que poseen bosques o que deseen establecer plantaciones forestales, o intercalar árboles dentro de sus sistemas productivos, por los servicios ambientales que estos recursos le brindan a la sociedad en:

- **Mitigación** de emisiones de gases de efecto invernadero (reducción, absorción, fijación y almacenamiento de C).
- **Protección** de agua para uso urbano, rural, o hidroeléctrico.
- **Protección de la biodiversidad** para conservación y uso sostenible, científico y farmacéutico, investigación y mejoramiento genético, protección de ecosistemas y formas de vida.
- **Belleza escénica** natural para fines turísticos y científicos.

Sin embargo, en Costa Rica es difícil asignar el sistema vigente de PSA sólo a un servicio ambiental. En realidad se trata de un mecanismo destinado a pagar por varios servicios ambientales: agua, carbono, biodiversidad y paisaje (turismo).

Este programa es parte de un proceso que evoluciona hasta convertirse en un mecanismo de financiamiento para el sector forestal costarricense mediante la promulgación de la Ley No.7575 de abril de 1996. Dentro de los mecanismos establecidos, se considera el establecimiento del Programa de Pago de Servicios Ambientales. Esta ley es modificada en diciembre del 2003 para incluir los sistemas agroforestales.

Financiamiento del programa

De acuerdo con la legislación vigente son beneficiarios del PSA todos aquellos(as) propietarios (as) de terrenos quienes realicen actividades de protección y manejo adecuado de bosques, establecimiento de plantaciones forestales puras o en combinación con cultivos o animales.

Se trata de un sistema nacional, con múltiples variaciones posteriores. Para el 2002, FONAFIFO había financiado más de 21 mil ha de plantaciones, 26 mil ha de manejo forestal y 266 mil ha de conservación de bosques, cubriendo un total de 313 mil ha (de Camino 2002).

El sistema paga sólo durante un período de 5 años y no el tiempo total durante el que se está produciendo el beneficio, puesto que se basa en el pago de los costos que representan las actividades para establecerse (plantación), o de las actividades para hacer el manejo forestal. El propietario beneficiado endosa al Gobierno de Costa Rica los certificados de C, que éste espera negociar cuando exista progreso en relación a la Convención de Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto.

El **financiamiento** de FONAFIFO proviene de varias fuentes, que incluyen: recaudar fondos a nivel nacional e internacional por PSA que, conforme a la ley forestal, se destinan para actividades de protección de bosques y establecimiento de plantaciones forestales. Con estos recursos se estableció un Fideicomiso (www.fonafifo.com).

1. Recursos provenientes del impuesto a los combustibles y otros hidrocarburos, transferidos por el Ministerio de Hacienda a FONAFIFO, mediante presupuestos ordinarios o extraordinarios, parte del cual se destina al PSA que producen bosques bajo manejo, plantaciones y conservación.
2. Los montos recaudados por concepto de venta de servicios a nivel local e internacional, tales como: captura de C y protección de recursos híbridos, entre otros. Los cuales se destinarán para el PSA tipificados en la Ley Forestal, en las actividades de protección de bosque y establecimiento de plantaciones forestales.
3. FONAFIFO también ha logrado centralizar financiamientos, como los antes mencionados, en relación a empresas generadoras de energía y el pago de servicios en las cuencas que las alimentan. Hasta la fecha el FONAFIFO ha establecido convenios para el pago de servicios ambientales con las siguientes empresas: Energía Global, Hidroeléctrica Platanar, Compañía Nacional de Fuerza y Luz y Florida *Ice and Farm*.
4. FONAFIFO ha logrado financiamiento adicional importante, como a través del proyecto ECOMARKETS (BM/GEF, por US \$41 millones entre préstamo y donación (33,9 préstamo y 8 donación GEF). El préstamo es la decisión del país para apoyar el sistema de PSA y la donación de GEF es para financiar conservación de bosques. El Proyecto Ecomercados propone incentivar la conservación de bosques privados en las áreas prioritarias del Corredor Biológico Mesoamericano-Costa Rica, a saber: Áreas de Conservación Osa, Tortuguero y Amistad Caribe.
5. FONAFIFO está a punto de empezar la ejecución de un proyecto con el KfW de Alemania, de alrededor de US \$ 11 millones para fomentar el manejo forestal, las

plantaciones y la conservación en la zona norte del país. Lo interesante de la iniciativa, es que de ser una donación, el banco Alemán aceptará los créditos de C del proyecto, y por lo tanto se trata de una compraventa de servicios ambientales. El Proyecto **Forestal Huetar Norte** comprende las zonas prioritarias en el Área de Conservación Huetar Norte y la sub-región Sarapiquí del Área de Conservación Volcánica Central.

6. Además FONAFIFO, esta poniendo en el mercado los Certificados de Servicios Ambientales (**CSA**) con los que se estarán captando recursos financieros que podrán ser dedicados al PSA. Estos se colocan según las disposiciones del donante.

Áreas disponibles para el año 2004

La distribución de área asignada por Modalidad para el año 2004 se indica a continuación.

Área asignada	Hectáreas	Monto (millones de colones)
Protección	51,800	-
Protección Recurso Hídrico	2,200	-
Reforestación	5,400	-
Reforestación Especies Nativas	600	-
Plantaciones Establecidas	-	50
SAF		150

Montos Establecidos para el PSA

A continuación se muestran los montos establecidos (en colones) por modalidad de pago y según el porcentaje correspondiente a cada modalidad para el PSA 2004, de acuerdo a lo establecido por el Decreto Ejecutivo respectivo.

Modalidad Monto (colones) / ha Porcentaje / Año						
	Monto colones	1er año	2do año	3er año	4to año	5to año
Establecimiento de Plantaciones Forestales	245,000	50%	20%	15%	10%	5%
Protección de Bosque	95,800	20%	20%	20%	20%	20%
Plantaciones establecidas	95,800	20%	20%	20%	20%	20%
Sistemas Agroforestales	352/árboles	65%	20%	15%	-	-

Requisitos para Optar por al PSA

Información adicional sobre el PSA, incluyendo los requisitos para optar por el mismo se puede obtener en www.fonafifo.com

CONCLUSIÓN

Los SAF en América Tropical pueden proporcionar una gran variedad de oportunidades para acceder un programa de PSA. La variedad está en primer lugar en el tipo de servicio a que se orientan (manejo de cuencas para producción de agua para consumo humano y riego, generación de energía hidroeléctrica, secuestro de C, valoración y transacción de la biodiversidad, turismo ecológico; es decir servicios locales, regionales, nacionales o internacionales y globales), en el tipo de mercado al que se orientan (mercado local, regional, nacional, internacional, global), escala de las iniciativas (naciente, microcuenca, cuenca, empresa, región o estado, país), tipo de financiamiento (aportes de proyectos, pago directo de servicios por los usuarios, pago de impuestos sobre la contaminación, sistema general de impuestos, etc.). La escala y magnitud de los efectos de los sistemas depende de la combinación de variables en cada caso.

Como en todo programa relativamente nuevo, es importante efectuar un análisis detallado de las ventajas y desventajas de un programa de PSA. Asimismo, es importantísimo proseguir las indagaciones de tipo técnico para cuantificar y afinar la magnitud de los servicios ambientales que proporciona cada sistema en las diversas zonas de vida y poder compensar de manera justa cada servicio o combinación de ellos.

REFERENCIAS

Babear, LI; Zak, DR. 1995. Nitrogen loss from coffee agro-ecosystems in Costa Rica: leaching and denitrification in the presence and absence of shade trees. *Journal of Environmental Quality* 24:94-100.

Burnstein, J. 2000. Informe sobre la propuesta de pago por servicios ambientales en México. Foro para el Desarrollo Sustentable, A.C. San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. 70 p.

De Camino, R; Amighetti, A; Brenes, AC. 2002. Tendencias y Perspectivas del Sector Forestal Latinoamericano en Materia de Producción y conservación de Bienes y Servicios Ambientales. Universidad para la Paz, Ciudad Colón, Costa Rica. No publicado.

De Jong, B.H.J; Montoya-Gómez, G; Nelson, K; Soto-Pinto, L; Taylor, J; Tipper, L. 1995. Community Forest Management and Carbon Sequestration: a feasibility study for Chiapas, Mexico. *Interciencia* (nov.-dic.)

Dixon, RK ; Andrasko, KJ ; Sussman, FG ; Lavison, MA ; Trexler, MC ; Vinson, TS. 1993. Forest sector carbon offset projects: near term opportunities to mitigate greenhouse gas emissions. *Water, Air, and Soil Pollution* 70: 561-577.

ECCM 2002. Edimburgh Centre for Carbon Management (www.eccm.uk.com)

Edwards, PJ; Abivardi, C. 1998. The value of biodiversity; where Ecology and Economics blend. Great Britain, Elsevier.

Faustino, J. 1994. Conservación de suelos en parcelas de elevada pendiente con plantaciones de leñosas forrajeras y pasto. In: Benavides JE (ed.) Árboles y arbustos forrajeros en América Central. CATIE. Serie Técnica, Informe 236, vol. 2, pp. 117-133.

Harvey, CA. 2001. Agroforestería y biodiversidad. In: In: Jiménez F, Muschler R, Köpsell E (eds.). Funciones y aplicaciones de los sistemas agroforestales. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Módulo de Enseñanza Agroforestal no. 6. pp. 95-138.

Jiménez, F. 2001. Agroforestería en el manejo de cuencas hidrográficas. In: Jiménez F, Muschler R, Köpsell E (eds.). Funciones y aplicaciones de los sistemas agroforestales. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Módulo de Enseñanza Agroforestal no. 6. pp. 59-94.

Jiménez, F; Muschler, R. (2001). Agroforestería y Recursos Naturales. In: Jiménez F, Muschler R, Köpsell E (eds.). Funciones y aplicaciones de los sistemas agroforestales. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Módulo de Enseñanza Agroforestal no. 6. pp. 25-45.

Jiménez, F; Muschler, R; Köpsell; E. (eds.). 2001. Funciones y aplicaciones de los sistemas agroforestales. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Módulo de Enseñanza Agroforestal no. 6. 187 p.

Loa, LE; Cervantes, M; Durand, L; Peña, A. 1996. Uso de la biodiversidad. In: La biodiversidad biológica de México; estudio de país. CONABIO, México, pp.104-153.

Mendelsohn, R; Balick, MJ. 1995. The value of undiscovered pharmaceuticals in tropical forests. Economic Botany 49.

Moguel, P; Toledo; VM. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. Conservation Biology. 13.

Obando, V. 2002. Biodiversidad en Costa Rica; estado del conocimiento y gestión. Instituto Nacional de Biodiversidad, INBIO, Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. 81 p.

Perfecto; I; Rice, R.A; Greeberg, R; Van der Voort, M.E. 1996. Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. BioScience 46.

Sánchez, S; Hernández, M; Simón, L. 1998. Diversidad de los organismos del suelo bajo un sistema silvopastoril. Memorias III Taller Internacional Silvopastoril. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 295-297

Soca, M; Arece, J. 2002. Comportamiento de las enfermedades parasitarias en bovinos y ovinos bajo condiciones de sistemas silvopastoriles. In: II Conferencia Electrónica Nacional "Los sistemas silvopastoriles una alternativa para la producción animal sostenible", EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba.

Vandermeer, J; Perfecto, I. 1998. Biodiversity and pest control in agroforestry systems. Agroforestry Forum 9: 2-5.

WHO. 2001. Evaluación mundial del abastecimiento de agua y el saneamiento en 2000.
World Health Organization of the United Nations, Ginebra, Suiza.
http://www.who.int/water_sanitation_health/Globassessment/


