

# Definición de pagos por la reducción de erosión en la cuenca del lago de Apanás, Nicaragua<sup>1</sup>

Tatiana Espinosa Quiñones<sup>2</sup>;  
Francisco Alpizar<sup>3</sup>

Según el estudio, para la protección de los servicios ecosistémicos hídricos resulta más conveniente invertir en prácticas de conservación de suelos en áreas agrícolas que en conservación de bosques. Una opción para la conservación del bosque tendría que abarcar otra forma de incentivos que no involucren solamente el factor económico y que, a la vez, logren frenar la ampliación de la frontera agrícola.



Foto: CATIE.

<sup>1</sup> Basado en Espinosa (2009)

<sup>2</sup> Egresada del Programa de Maestría Manejo y Conservación de Bosques Naturales y Biodiversidad. [tespino@catie.ac.cr](mailto:tespino@catie.ac.cr)

<sup>3</sup> Programa Gobernanza y Socioeconomía de Bienes y Servicios Ambientales. [falpizar@catie.ac.cr](mailto:falpizar@catie.ac.cr)

## Resumen

Este artículo ofrece un análisis de rentabilidad de la producción y valoración de la oferta del servicio ecosistémico (SE) control de la erosión y reducción de sedimentos por parte de los productores agrícolas de la cuenca del lago Apanás, principal embalse para la generación de hidroenergía en Nicaragua. El estudio constó de tres partes: identificación de las prácticas de conservación de suelos (PCS) relevantes en la cuenca; identificación y caracterización de los proveedores del SE control de erosión, y determinación de costos de provisión del servicio, ya sea mediante la implementación de PCS o por el mantenimiento de las áreas cubiertas de bosque. Se realizaron 225 encuestas en 30 comunidades de la cuenca. Se definieron montos diferentes para cada tipo de cultivo, los cuales representan el monto mínimo a pagar por la implementación y mantenimiento de PCS en las áreas agrícolas. Para el cambio de uso del suelo de actividades agrícolas a protección y mantenimiento y conservación de las áreas boscosas, los montos estimados deben considerarse como topes máximos. Este estudio constituye un primer acercamiento a los montos a pagar para una futura implementación de incentivos económicos que busquen incrementar la oferta del SE reducción de sedimentos en la cuenca.

**Palabras claves:** Cuencas hidrográficas; servicios ecosistémicos; control de la erosión; sedimentación; embalses; pago por servicios ambientales; lago Apanás; Nicaragua.

## Summary

**Definition of Payment for Control of Soil Erosion in Apanas Lake, Nicaragua.** This article offers an analysis of production profitability and assessment of the ecosystemic service control of erosion and sediment reduction in Apanás Lake, Nicaragua. Apanás is the main reservoir for generation of hydroelectric energy in Nicaragua. The research consisted of three steps: identification of relevant soil conservation practices (SCP) used in the watershed; identification and characterization of ES suppliers and determination of providing service provision costs, either by implementing SCP or preserving forest areas. A total of 225 interviews were conducted in 30 communities. For each type of agricultural product, a specific amount was stated as a minimum payment for the implementation and maintenance of SCP in the agricultural areas. For agriculture-to-forest conversion, the estimated amounts should be considered as top payments. The study seeks to offer preliminary information on payment amounts for future implementation of financial incentives to increment the offer of ES in the watershed.

**Keywords:** Watershed; ecosystem services; erosion control; sedimentation; reservoirs; payment for environmental services; Apanás lake; Nicaragua.

### Introducción

La erosión del suelo suele tener un carácter de contaminación de fuente difusa; esto quiere decir que las externalidades se esparcen de una finca a otra y hacia otros receptores dentro de una cuenca. El monitoreo de esta forma de contaminación es bastante difícil debido

a la falta de información sobre las fuentes, ya que las emisiones se dan a lo largo y ancho de un área considerable. Debido a estas características, más que la regulación directa de descargas, se deben utilizar mecanismos que incentiven el cumplimiento de prácticas para reducir la erosión del suelo (Sturner 2007).

La adopción de prácticas de conservación de suelos (PCS) forman parte de la 'oferta' de servicios para el control de la erosión y retención de sedimentos, que proveen los agricultores. Con la presente investigación se busca determinar los costos de provisión de este servicio, ya sea mediante la implementación

de PCS o la conservación de áreas forestales privadas. Esta información puede resultar útil para un futuro diseño de incentivos económicos orientados hacia la reducción de la erosión y sedimentación.

Los propietarios de tierras privadas incurrir en costos al suministrar el servicio ecosistémico de control de la erosión. La determinación de esos costos es fundamental para el diseño de programas de incentivos económicos por conservación. La presente investigación se desarrolló en la cuenca del lago de Apanás, embalse artificial creado en el año 1964 para abastecer a la planta hidroeléctrica Centroamérica y, en parte, a la planta Santa Bárbara. Estas son las dos únicas plantas hidroeléctricas actualmente en funcionamiento en Nicaragua, las cuales producen cerca del 14% de la energía total del país (CEPAL 2006). En este contexto, el demandante por el SE de control de erosión sería HIDROGESA, empresa encargada de la generación de hidroelectricidad en el país; los oferentes del SE son los pobladores asentados en la cuenca, quienes, al conservar las áreas boscosas o al adoptar prácticas de conservación de suelos en áreas agrícolas, contribuyen a la reducción de la erosión y sedimentación en el embalse. Para este estudio hemos obtenido datos de 225 productores mediante encuestas estructuradas; por lo tanto, los análisis se basan en costos reales percibidos por los agricultores.

Existen indicadores que demuestran que muchos beneficios de los SE hídricos en países en desarrollo se pierden a causa de la erosión del suelo. La sedimentación causada por la erosión ha reducido gran parte de la capacidad de los embalses creados durante los años 1940-1989 (Southgate y Macke 1989). Se desconoce el nivel de sedimentos que contiene el embalse Apanás, pero dadas las condiciones del área y la antigüedad del embalse es de suponer que dicho nivel es alto.

El estudio se dividió en tres partes. En la primera se realizó una identificación de las PCS relevantes para el control de la erosión en la cuenca, luego se identificaron y caracterizaron los proveedores del servicio ecosistémico de control de erosión y, por último, se hizo una valoración de los costos de provisión de este servicio mediante la implementación de PCS o mantenimiento de las áreas cubiertas de bosque. Para la valoración de los costos asociados con la conservación de bosques se empleó el método de costos de oportunidad: se asignó un costo a cada uso alternativo, ya fuera cultivo de café, granos básicos, papa u hortalizas. Este método se complementó con datos de costos para el establecimiento y mantenimiento de una cerca de protección al bosque. Donde se promueven mejoras en áreas agrícolas se emplearon métodos de cambios en la productividad y costos de inversión inicial (Madrigal y Alpízar 2008). Los resultados de este estudio pueden servir como un insumo para la formulación de políticas que involucren incentivos económicos orientados a impulsar estrategias de mantenimiento de bosques y de conservación de suelos en áreas agrícolas.

#### El área de estudio

La cuenca del lago de Apanás se ubica en la parte central de Nicaragua, departamento de Jinotega; este es el tercero del país en extensión y cuenta con 33.335 habitantes (6,4% de la población nicaragüense), según CABAL (2008) y el VIII Censo de Población (2005). La cuenca tiene una extensión de 587 km<sup>2</sup> incluyendo los espejos de agua, y un área de drenaje de 549,4 km<sup>2</sup>.

El lago se encuentra a una altura ligeramente superior a los 900 msnm; el clima es de sabana tropical modificado o sabana tropical de altura (Köppen). La pendiente de los suelos a lo largo de la cuenca es muy escarpada, vulnerable a procesos

diluviales y gravitacionales que generan un ambiente propicio para la erosión, deslizamientos y otros procesos degradantes; en consecuencia, se da pérdida de suelos y nutrientes y acumulación de sedimentos en las zonas bajas (CABAL 2008). El área muestra un uso creciente de sistemas anuales y cultivos en limpio, principalmente granos básicos, café y pastos. Las actividades agrícolas y la producción pecuaria se extienden a expensas del bosque y de los suelos de vocación forestal, con lo que aumenta la escorrentía superficial y la degradación de los suelos (Viteri y Logo-Briones 2005).

En términos generales, el área de la cuenca Apanás presenta un bajo nivel de escolaridad; las principales actividades económicas son la caficultura y el cultivo de granos básicos (79%); le siguen en importancia los servicios privados (7%), la explotación maderera (6%), la ganadería (4%), el comercio (4%) y servicios públicos, según un diagnóstico realizado por la Alcaldía Municipal de Jinotega y el Centro Humboldt (2007), como parte del proyecto de Gestión del Riesgo. De acuerdo con el Plan de Desarrollo Departamental (2005), el departamento de Jinotega aportaba el 4,5% del producto interno bruto y reunía el 8,1% de la superficie agropecuaria censada a nivel nacional; la actividad principal era la caficultura, que tiene todavía aquí su mayor desarrollo a nivel nacional, junto con el departamento de Matagalpa. También la siembra de granos básicos asume en Jinotega el segundo lugar a nivel nacional.

La actividad agrícola ha impactado fuertemente en los bosques; en los últimos 21 años (1984-2006) el área de bosques se redujo en 22%, en tanto que el área de cultivos anuales aumentó 65% y se redujo el área de cultivos perennes en un 10% (ASAAN 2006). Este hecho, unido a los flujos de servicios ecosistémicos y beneficios que ofrecen los bosques,

nos hace pensar en la importancia de la conservación de las áreas boscosas remanentes en la cuenca (MEA 2005). El uso inapropiado del suelo genera altas tasas de erosión; el 11% de los suelos del municipio de Jinotega están en la categoría de erosión leve, 85% en la categoría de erosión moderada y 4% en la categoría de erosión fuerte y severa (Viteri y Logo-Briones 2005).

### Metodología

Como primer paso del estudio se determinaron las áreas con mayor riesgo de erosión mediante el mapa topográfico y el de erosión (MAGFOR 2007). Con base en estos criterios y conversaciones con expertos, se escogieron 30 comunidades dentro de la cuenca. A continuación se identificaron y caracterizaron los productores de dichas áreas, con el objetivo de entender los factores que pueden influir en la toma de decisiones relacionadas con el uso de la tierra. Con este fin, se aplicó una encuesta (ver detalles en Espinosa 2009) para obtener información socioeconómica de los agricultores. El muestreo se hizo de manera proporcional al tamaño de los estratos (comunidades). En total, se aplicaron 225 encuestas al azar en las 30 comunidades.

La identificación de PCS orientadas a reducir la erosión y disminuir el flujo de sedimentos al embalse se basó en las prácticas actualmente utilizadas en la cuenca, en el juicio de expertos e información secundaria del proyecto PASOLAC. Esta investigación no plantea proponer nuevas prácticas; por el contrario, se busca rescatar las PCS conocidas y empleadas por los agricultores, como resultado del trabajo de diversas organizaciones relacionadas con el tema de conservación de suelos en varias comunidades del área de estudio. A partir de la lista preliminar identificada, se hizo una sesión de trabajo con expertos (técnicos e ingenieros agrónomos que trabajan en la cuenca) para discutir sobre la

importancia de cada práctica, tanto para reducir la erosión como por su factibilidad de implementación por los agricultores; de esta manera, se eligieron las prácticas evaluadas en este estudio.

Con base en el uso actual del suelo en la zona de estudio, se plantearon dos escenarios generales de compensación a los productores. El primero consistió en calcular un monto por mantener las áreas boscosas (o bien reconvertir áreas de uso agrícola a protección) y el segundo en calcular un monto por la incorporación de PCS en las áreas agrícolas.

### *Cálculo del monto de compensación por protección*

El monto de compensación por protección del bosque se calculó mediante el método de costo de oportunidad, el cual mide los costos del mejor uso alternativo que se puede tener en la zona. Además, se tomó en cuenta el costo de inversión inicial y los costos de mantenimiento del área para obtener el monto que se deja de percibir por mantener el área bajo protección absoluta.

El costo de oportunidad de la producción se determinó con la información ofrecida por los agricultores para cada actividad productiva que se realiza en la finca. La información obtenida con las encuestas fue la siguiente: costo por manzana, rendimiento por manzana y precio de venta de cada cultivo. De esta manera, se calculó el ingreso neto por manzana que el agricultor deja de percibir al reconvertir usos agrícolas a protección.

El costo de inversión inicial consiste en el costo de implementación del nuevo uso del suelo, y se calcula solo para el primer año. Como costo de inversión inicial únicamente se consideró la cerca de protección al bosque. El costo de mantenimiento incluye todos los gastos anuales en que se incurre por mantener el nuevo uso del suelo; en este caso, se consideró el mantenimiento de la cerca.

Para estimar el monto de compensación del primer año se consideró el costo de inversión inicial más el costo de oportunidad de la producción; para los años siguientes, el monto de compensación se calcula como el costo de mantenimiento más el costo de oportunidad en la producción. Sin embargo, el costo de oportunidad debe ser corregido por los gastos potenciales de conversión y de diferencias en la rentabilidad en los primeros años.

### *Cálculo del monto de compensación por uso de PCS*

Para las áreas intervenidas se procedió a valorar las PCS con base en los costos de implementación mencionados por los productores en las encuestas (costos percibidos) más el mantenimiento anual de las prácticas. No se considera el costo de oportunidad en la producción ya que se asume que el cambio en la productividad es cero. Tampoco se consideraron los riesgos de destrucción de las obras.

### Resultados y discusión

#### *Caracterización de los proveedores del servicio ecosistémico de control de la erosión*

En el mapa siguiente se señalan las 30 comunidades priorizadas por sus características topográficas a lo largo de la cuenca (Fig. 1). En dichas comunidades se entrevistó un total de 225 productores (jefe de familia o encargado de las actividades productivas de la finca). El 53,9% de esos productores han implementado PCS en sus fincas. La caracterización de los proveedores del SE de control de erosión se basó en el 100% de los productores encuestados.

#### **Características socioeconómicas.-**

El 17% de los encuestados es de género femenino. Casi un 50% de los encuestados se encuentra en el rango de edad de 31-50 años y un 33% es mayor de 50 años. El 36% no cuenta con ninguna educación formal, el 51% tiene educación primaria, 9%

educación secundaria y 4% nivel técnico y/o universitario. El 57% de las familias están compuestas por menos de 5 personas, 38% entre 6-10 personas y 5% por más de 11 personas. En cuanto a la experiencia del productor en agricultura se obtuvo una media de 20 años con una desviación estándar de 15. Con respecto a la utilización de mano de obra, el 70% de los productores utilizan mano de obra familiar, el 30% contratan mano de obra esporádicamente y el 32% venden su mano de obra en períodos que van de 2 a 10 meses al año.

**Tamaño de finca.-** El 72% de encuestados posee menos de 5 mz. El 92% de los productores afirma poseer algún tipo de documento que acredita la propiedad de la finca. Se consultó sobre el tiempo de tenencia del documento donde la media es de 25,4 años con una desviación estándar de 14,1.

**Adopción de PCS.-** El 53,9% de los productores encuestados tiene PCS implementadas; entre las prácticas más frecuentes están las barreras vivas (41,3%), acequias de ladera (19,5%) y barreras muertas (19,1%).

**Cultivos principales.-** Los granos básicos son el principal cultivo de la muestra encuestada (65%), seguido por el café (49,1%), hortalizas (23,4%), papa (5,4%); el 15,3% tienen potrero, 11,3% poseen bosque dentro de su finca y 5% posee áreas de tectotal o abandonadas.

**Rendimientos productivos.-** Existe una alta variabilidad en los rendimientos ya que algunos productores utilizan mejor calidad de semilla e invierten más en las labores productivas. La disponibilidad de financiamiento bien pudiera influir en los rendimientos. En el Cuadro 1 se muestran los rendimientos por cultivo.

**Costos de producción.-** En este rubro es evidente también la alta variabilidad en las respuestas; hay productores que no invierten en sus



**Figura 1.** Ubicación de las comunidades priorizadas en la cuenca de Apanás, Nicaragua  
Fuente: MAGFOR 2007, adaptado por Espinosa (2009).

**Cuadro 1.** Rendimientos por cultivo

	N (qq/mz)	Promedio	Desv. Est.	Mínimo	Máximo
Café	109	28,1	15,5	4	62
Frijol	133	14,1	6,5	4	40
Maíz	146	22,3	9,9	4	65
Papa	13	170	88,6	40	300

cultivos (costo cero) y como consecuencia obtienen bajos rendimientos (Cuadro 2).

**Precio de venta.-** En este rubro la variabilidad está dada por la calidad del producto. La mayor variabilidad se muestra en el café donde los precios oscilan entre US\$25-125, según la calidad. (Cuadro 3).

**Rentabilidad.-** La rentabilidad de cada cultivo se calculó tomando los valores promedio de rendimiento,

costo y precio. En el caso de las hortalizas no se contó con esa información ya que este componente considera un conjunto de cultivos (repollo, apio, brócoli, remolacha, zanahoria, perejil, chiltoma, lechuga). Para calcular la rentabilidad de las hortalizas se halló la rentabilidad de cada productor y se utilizó el promedio. La rentabilidad mostrada en el Cuadro 4 corresponde a valores por cosecha.

**Cuadro 2. Costos de producción por cultivo**

	N (qq/mz)	Promedio (US\$/mz)	Desv. Est.	Mínimo	Máximo
Café	109	547,6	316,6	0	1500
Frijol	133	278	129,1	27,5	900
Maíz	146	199,1	88,6	0	500
Papa	13	1750	846,8	400	2500

1 US\$ = 20 Córdobas

**Cuadro 3. Precio de venta por cultivo**

	N	Promedio (US\$/qq)	Desv. Est.	Mínimo	Máximo
Café	109	67,3	23,3	25	125
Frijol	133	60	7,3	25	85
Maíz	146	16,6	1,9	9,5	20
Papa	13	21,3	6,4	15	35

**Cuadro 4. Rentabilidad anual por cultivo**

	Rent/ cosecha (US\$/mz)	Rent/ anual (US\$/mz)
Café	1326	1326
Frijol	560	1120
Maíz/frijol	734	734
Papa	1450	2900
Hortalizas	2664,5	5329

### Prácticas de conservación de suelos relevantes para el control de la erosión

Del listado total de PCS implementadas en la cuenca, se procedió a identificar las más relevantes para el servicio ecosistémico de control de erosión. Esto se realizó con ayuda del juicio de expertos e información secundaria. Finalmente se identificaron cinco PCS: 1) Barreras vivas que sirven para reducir la velocidad del agua de escorrentía y la velocidad del viento; además, filtran los sedimentos que van en el agua de escorrentía. 2) Barreras muertas, que crean un muro en curvas de nivel para evitar el arrastre del suelo y, por ende, la erosión (PASOLAC 1999). 3) Manejo de rastrojos, ya que los rastrojos sirven de cobertura, retienen humedad y evitan la pérdida de suelo que causa la velocidad de la lluvia y el viento (FAO 2005). 4) No quema, generalmente en asocio con el manejo de rastrojos para proteger la superficie del suelo del

impacto de las gotas de lluvia, reducir la velocidad de la escorrentía y atrapar las partículas del suelo (FAO 2005). 5) Acequias de ladera para conservar el agua y mejorar la infiltración; tienen un efecto moderado en el control de la erosión superficial al captar el suelo y dividir la ladera en pendientes cortas (PASOLAC 1999).

Monto de compensación por mantener o incrementar el servicio ecosistémico de control de la erosión

### Valoración del costo de oportunidad de la tierra

En este estudio, la valoración del costo de oportunidad de la tierra se hizo considerando las áreas que están cubiertas de bosque, con el fin de que se mantengan como tales. Se calculó una inversión inicial de 113 US\$/mz para la colocación de un cerco de protección al área (Alvarado 2006), más el costo de oportunidad de la producción (rentabilidad que el productor recibiría si convirtiera el bosque en área agrícola) según el cultivo que mejor se adapte a las condiciones del sitio. Esta rentabilidad se calculó para cada uno de los cultivos con base en las encuestas. Como resultado, tenemos diferentes montos dependiendo del cultivo que ‘reemplazaría’ al bosque. Los montos presentados en el Cuadro 5 son el tope máximo

de pago por la conservación del bosque; sin embargo, hay varios argumentos por los cuales no se debería pagar la totalidad del costo de oportunidad. En teoría, el costo de oportunidad disminuye con la probabilidad de que la vocación del suelo no sea apta para cultivos, la rentabilidad reducida en los primeros años dependiendo del tipo de cultivo, la lejanía a los mercados, la existencia o ausencia de carreteras para el transporte de los productos, la disponibilidad de agua para riego.

### Valoración de los costos de implementación de PCS

La compensación por la implementación y mantenimiento de PCS parte de la premisa de que el productor continuará produciendo lo mismo y que no habrá cambio de uso del suelo. Para valorar estas prácticas se utilizó la información obtenida con las encuestas (costo de establecimiento) más el costo de mantenimiento (calculado con base en información secundaria y costos de mercado). No se consideró el ingreso por la venta de productos que alguna de las prácticas pueda generar, como en el caso de las barreras vivas. Todos los cálculos se realizaron con la conversión 1US\$ = 20 Córdobas.

El mantenimiento de una manzana de barreras vivas (500 metros lineales) demanda 2 días/hombre para realizar dos limpiezas anuales a partir del primer año. Las especies empleadas son valeriana, zacate limón y espada de San Miguel. Para el mantenimiento de las barreras muertas se consideraron 4 días/hombre y una longitud de 1000 metros lineales por manzana (PASOLAC 1999). El manejo de rastrojos y no quema requiere poca mano de obra para mantenimiento (1 día/hombre/mz). Para las acequias de ladera se consideraron 2 días/hombre/mz y una longitud de 350 m (PASOLAC 1999).

El costo de establecimiento corresponde al monto a pagar en el año 1; a partir del año 2 se deberá pagar un monto por mantenimiento y reposición de plantas (en barreras vivas). Los montos del Cuadro 6 representan el monto mínimo a pagar por la adopción de PCS; al ser costos percibidos por los productores, es posible que en algunos casos no se estén considerando los costos de mano de obra por lo que los resultados tienden a subestimar el monto real.

#### Ejercicio de simulación con los datos obtenidos

Por falta de información sobre los niveles de erosión y/o sedimentación en cada cobertura del suelo en la cuenca no es posible identificar las áreas prioritarias. Se decidió, entonces, hacer un ejercicio de simulación aplicando los montos obtenidos para la adopción de PCS y protección del bosque sobre 1000 mz de la cuenca. Se asume que la distribución del uso del suelo en estas 1000 mz es proporcionalmente la misma que la de la cuenca.

Con base en lo establecido por PASOLAC (1999), las prácticas a implementar en el área agrícola de la cuenca serán: barreras vivas de espada de San Miguel y manejo de rastrojos en cafetales; barreras vivas de valeriana y manejo de rastrojos para granos básicos; barreras muertas para hortalizas, y barreras vivas de zacate limón y acequias de ladera para el cultivo de papa.

En el área de bosque se considera el pago de un porcentaje del costo de oportunidad de la producción (COP) respecto al café, que es el cultivo más común de la zona (Cuadro 7). Con los montos antes definidos, y tomando en cuenta el área de cada cobertura, obtenemos distintos escenarios dependiendo del porcentaje del COP de café asignado (Cuadros 8 al 10).

**Cuadro 5. Costos por mantener la cobertura boscosa (US\$/mz)**

Concepto	Café	Frijol	Maíz/frijol	Hortalizas	Papa
I. Costo de oportunidad de la producción	1326	1120	734	5329	2900
II. Costo inicial (cercado)	113	113	113	113	113
III. Mantenimiento	16	16	16	16	16
IV. Monto año 1 (I+II)	1439	1233	847	5442	3013
V. Monto año 2 (I+III)	1342	1136	750	5345	2916

**Cuadro 6. Costos de implementación y mantenimiento de PCS**

PCS	Costo de establecimiento (US\$/mz)	Costo mantenimiento (US\$/mz/año)
Barrera viva (valeriana)	49,7	8
Barrera viva (zacate limón)	64,17	8
Barrera viva (espada de San Miguel)	32,5	8
Barrera muerta (piedras)	178	16
Manejo de rastrojos/ no quema	10	4
Acequias	36,5	8

**Cuadro 7. Montos a pagar (US\$/mz) por conservación del bosque considerando distintos porcentajes del COP del café**

Concepto	Porcentaje del COP del café			
	5%	10%	20%	30%
I. Costo de oportunidad de la producción	66,3	132,6	265,2	397,8
II. Costo inicial (cercado)	113	113	113	113
III. Mantenimiento	16	16	16	16
IV. Monto año 1 (I+II)	179,3	245,6	378,2	510,8
V. Monto año 2 (I+III)	82,3	148,6	281,2	413,8

**Cuadro 8. Montos a pagar (US\$) por PCS y conservación del bosque en 1000 mz del área de la cuenca: Escenario 5% COP café**

Cobertura de la cuenca	Área (mz)	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Bosque (12,78%)	128	22.915	10.518	10.518	10.518	10.518
Área agrícola (75%)	750					
Café (56%)	420	17.850	5.040	6.720	6.720	6.720
Granos básicos (35%)	263	15.671	3.150	4.200	4.200	4.200
Hortalizas (4%)	30	5.340	480	640	640	640
Papa (2%)	15	1.510	240	320	320	320
		63.286	19.428	22.398	22.398	22.398

#### Conclusiones

Los montos definidos para la conservación de áreas boscosas también se pueden utilizar en el caso del cambio de uso del suelo (de área agrícola a protección); en ambos casos representan el costo de oportunidad. Hay que tener en cuenta que muchas áreas boscosas no necesariamente son perfectas sustitutas de los cultivos; por ello, los montos dados son el tope máximo a pagar. Los resultados se pueden tomar como referencia para el diseño de una propuesta de pagos

distribuidos a largo plazo que sea segura y atractiva para los productores.

Por otro lado, los costos de implementación de PCS pueden haber sido subestimados, por lo que deben considerarse como los montos mínimos a pagar por la adopción de PCS: entre 32 y 65 US\$/mz dependiendo de la práctica implementada. Un análisis más detallado permitirá proponer paquetes tecnológicos de PCS según tipo de suelo, cultivo y variables topográficas, para atender a las necesidades de cada finca.

**Cuadro 9.** Montos a pagar (US\$) por PCS y conservación del bosque en 1000 mz del área de la cuenca: Escenario 10% COP café

Cobertura de la cuenca	Área (mz)	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Bosque (12,78%)	128	31.388	18.991	18.991	18.991	18.991
Área agrícola (75%)	750					
Café (56%)	420	17.850	5.040	6.720	6.720	6.720
Granos básicos (35%)	263	15.671	3.150	4.200	4.200	4.200
Hortalizas (4%)	30	5.340	480	640	640	640
Papa (2%)	15	1.510	240	320	320	320
		71.759	27.901	30.871	30.871	30.871

**Cuadro 10.** Montos a pagar (US\$) por PCS y conservación del bosque en 1000 mz del área de la cuenca: Escenario 20% COP café


Cobertura de la cuenca	Área (mz)	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Bosque (12,78%)	128	48.334	35.937	35.937	35.937	35.937
Área agrícola (75%)	750					
Café (56%)	420	17.850	5.040	6.720	6.720	6.720
Granos básicos (35%)	263	15.671	3.150	4.200	4.200	4.200
Hortalizas (4%)	30	5.340	480	640	640	640
Papa (2%)	15	1.510	240	320	320	320
		88.705	44.847	47.817	47.817	47.817

Es importante mencionar ciertas limitaciones de esta investigación. 1) La priorización de comunidades se hizo a escala de toda la cuenca, pero no se cuenta con mapas detallados de erosión en cada área. Para una efectiva priorización de sitios de intervención se debe tener información de la generación y transporte de sedimentos en cada cobertura o uso del suelo. 2) Los datos presentados se obtuvieron de preguntas directas a los productores, lo cual puede dar lugar a sesgos ya sea porque no es fácil recoger información sobre temas económicos, o porque los encuestados no llevan un cálculo de su presupuesto.

Conservar las áreas remanentes de bosque mediante incentivos económicos resulta entre 4 y 10 veces más caro por manzana que la implementación de PCS en áreas intervenidas. En el ejercicio de simulación podemos observar estas diferencias. Tomemos como ejemplo el escenario de un 10% de pago del COP de café (Cuadro 9): para la protección de 1000 mz por un periodo de cinco años se requiere un monto total de US\$192.273, de los cuales el 56% (US\$107.480) son para la protección de 127 mz de bosque y el 44% (US\$85.649) para la

implementación de PCS en 750 mz de área agrícola. Si comparamos los promedios por manzana resulta 7,4 veces más caro conservar el bosque (846,3 US\$/mz para la protección del bosque y 114 US\$/mz para la implementación de PCS en áreas agrícolas). Para la protección de los servicios ecosistémicos hídricos resulta más conveniente invertir en PCS en áreas agrícolas que en conservación de bosques. Una opción para la conservación del bosque tendría que abarcar otra forma de incentivos que no involucren solamente el factor económico y que, a la vez, logren frenar la ampliación de la frontera agrícola.

Para la implementación de un esquema efectivo de incentivos económicos es necesario contar con bases políticas e institucionales apropiadas, así como organizaciones a nivel local que apoyen la implementación técnica de las PCS. Puesto que HIDROGESA -empresa estatal encargada de la generación de hidroenergía – es actualmente el principal ente demandante del servicio ecosistémico hídrico, el panorama presupuestario actual no se presta para respaldar un esquema de incentivos económicos. Sin

embargo, existe la voluntad política de realizarlo cuando se cuente con el financiamiento adecuado. 

## Literatura citada

- Alvarado, M. 2006. Elementos claves para el diseño de un pago por el servicio ecosistémico de protección del recurso hídrico en el municipio de Valle de Angeles, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 124 p.
- ASAAN (Asociación Ambientalista Audubón de Nicaragua). 2006. Plan de manejo para la conservación y uso racional de la cuenca del humedal Lago Apanás-Asturias, Sitio Ramsar N°1137. Managua, Nicaragua. 351 p.
- CABAL (nombre completo). 2008. Informe de evaluación socioeconómica, productiva y ambiental del territorio de la cuenca hídrica de los lagos de Apanás y Asturias. Estudio del ordenamiento ambiental del territorio y manejo de la cuenca hídrica: lagos Apanás y Asturias. Managua, Nicaragua, ENEL (Empresa Nicaragüense de Electricidad). 120 p.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) 2006. Nicaragua: evolución económica durante 2006 y perspectivas para 2007. LC/MEX/L.797. 37 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2005. Manejo de sistemas agroforestales. Roma, Italia, PESA (Proyecto Especial para la Seguridad Alimentaria).
- Madrigal, R; Alpizar, F. 2008. Diseño y gestión adaptativa de un programa de pagos por servicios ecosistémicos en Copán Ruinas, Honduras. Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales 17(1):79-90.
- MAGFOR (Ministerio Agropecuario y Forestal). 2007. Mapas del estudio de ordenamiento territorial municipio de Jinotega. Managua, Nicaragua.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment). 2005. Ecosystems and human well-being: Synthesis. Washington. DC., Island Press. 155 p.
- PASOLAC (Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central). 1999. Guía técnica de conservación de suelos y agua. Ciudad, país. 30 p. (Serie técnica N° 17).
- Southgate, D; Macke, R. 1989. The downstream benefits of soil conservation in third world hydroelectric watersheds. Land Economics 65(1): 38-48.
- Sterner, T. 2007. Instrumentos de política económica para el manejo del ambiente y los recursos naturales. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 560 p.
- Viteri, A; Logo-Briones, T. 2005. Perfil detallado de manejo forestal de la cuenca hídrica del Río Viejo. Managua, Nicaragua, ENEL. 64 p.