

**Gaceta  
Ecológica**

INE-SEMARNAT MÉXICO

Gaceta Ecológica  
Instituto Nacional de Ecología  
gaceta@ine.gob.mx  
ISSN (Versión impresa): 1405-2849  
MÉXICO

2006  
Alejandra Fregoso  
LA OFERTA Y EL PAGO DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES HIDRICOS: UNA  
COMPARACIÓN DE DIVERSOS ESTUDIOS  
*Gaceta Ecológica*, número 078  
Instituto Nacional de Ecología  
Distrito Federal, México  
pp. 29-46

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal



---

Universidad Autónoma del Estado de México

<http://redalyc.uaemex.mx>

# La oferta y el pago de los servicios ambientales hídricos: una comparación de diversos estudios

ALEJANDRA FREGOSO\*

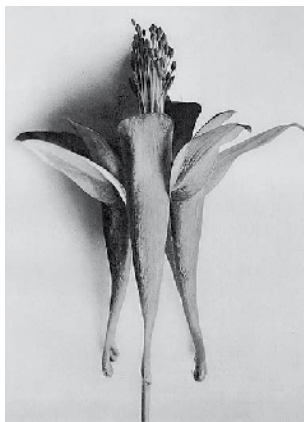
\* Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT, México. Correo-e: fregoso@ine.gob.mx

**Resumen.** El pago de servicios ambientales (PSA) se vislumbra como una herramienta para prevenir la degradación de los ecosistemas y mejorar el bienestar humano. Hoy en día aunque se han implementado diversas iniciativas de PSA, difieren sustancialmente en los métodos empleados para evaluar el servicio ambiental. Este documento presenta una revisión de seis casos de estudio sobre servicios ambientales hídricos y los compara en términos de la unidad de análisis, la identificación de los actores, así como los métodos para evaluar la oferta ambiental y la valoración económica del mismo.

**Palabras clave:** servicios ambientales, hidrología, cuenca, valoración económica

**Abstract.** Incentives as the payment of environmental services (PES) has been pointed out as a tool to prevent the ecosystem degradation as well as to improve human wellbeing. Nowadays initiatives of PES are implemented, however, they differ significantly on the methods they used to evaluate environmental services. This paper presents an overview of six case studies of hydrological environmental services and compares them in terms of unit of analysis, the identification of stakeholders as well as the methods used to assess the environmental offer and the economical valuation.

**Keywords:** environmental services, hydrology, watershed, economic valuation



## INTRODUCCIÓN

Las sociedades obtienen una amplia variedad de beneficios de los ecosistemas, entre los que se encuentran los alimentos, las medicinas, las materias primas para la construcción así como el agua que bebemos o utilizamos para diferentes fines. A esta gama de provechos se les considera actualmente servicios ambientales (SA), y son los que proporcionan, en gran medida,

el sustento de las sociedades humanas y de las economías mundiales (MA 2003a). Durante las últimas décadas se han publicado distintas propuestas para tratar de definir y de clasificar los SA. entre las que podemos mencionar a Hueting *et al.* 1998, de Groot *et al.* 2002, Costanza *et al.* 1998, MA 2003a, CINPE 2002, PRISMA 2001, DOF, 2004.

Los servicios ambientales hídricos (SAH) son aquellos que resultan del ciclo hidrológico, producto de la capacidad de los ecosistemas para captar agua y así mantener la oferta hídrica disponible para el beneficio de la sociedad (Costanza *et al.* 1998). En este sentido, la disponibilidad de agua depende de la capacidad de los ecosistemas de realizar los procesos biogeoquímicos vinculados con la regulación hidrológica. De igual forma, la disponibilidad de este recurso limitado está en función de la magnitud del consumo humano y del impacto de las actividades de manejo en el ecosistema.

Si bien el agua es un recurso natural fundamental e indispensable para el mantenimiento de la vida en el planeta y el desarrollo de las sociedades, el abastecimiento y acceso al agua a nivel mundial ha disminuido drásticamente (Revenga *et al.* 2001). Uno de los temas actuales más apremiantes en materia ambiental son los considerables procesos de deterioro que presentan los ecosistemas a nivel mundial. Esta pérdida afecta de manera negativa la capacidad de los ecosistemas para realizar sus funciones y procesos ecosistémicos, relacionados con la regulación hidrológica, y por lo tanto, su capacidad de proveer SA (GEF 2002, Revenga *et al.* 2001).

Hoy nos enfrentamos a una crisis mundial de este recurso. Se estima que 20% de la población no cuenta con agua potable, que la mitad carece de métodos de saneamiento y que alrededor del 40% de las personas viven en países considerados con estrés hídrico medio o alto (GEF 2002, Revenga *et al.* 2001). Aunado a esto, tenemos que el volumen de agua contenida en presas se ha cuadruplicado en los últimos 40 años. De tal forma que existe más agua dulce en embalses (de tres a seis veces más), que circulando de manera natural en los ríos (MA 2005b).

La transformación de los ecosistemas naturales en los últimos 50 años ha sido la más rápida y extensa que en ningún otro periodo de la humanidad (MA 2005b). La magnitud y las implicaciones socioam-

bientales del manejo poco sostenido de los SAH, son actualmente considerables (Revenga *et al.* 2001). Esto nos hace replantear las estrategias de manejo de los recursos y por ende de los servicios ambientales. Asimismo, evaluar los patrones de consumo actuales y las estrategias para proveer de insumos a una creciente población humana que depende de los SA. Bajo este contexto, se han identificado incentivos económicos, como el pago por servicios ambientales (PSA), como una posible herramienta para prevenir el deterioro ambiental, mantener y mejorar la calidad de vida humana.

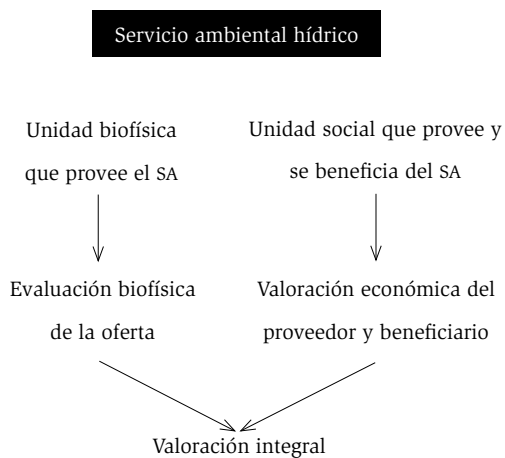
Esta iniciativa tiene como fin aminorar y prevenir los problemas ambientales, a través de la participación activa de los beneficiarios y proveedores de los SA. El PSA plantea que los propietarios de las tierras sean retribuidos por los servicios que éstas generan conciliando así sus intereses e incentivos con los de la sociedad que beneficia (Pagiola y Platais 2003).

Actualmente en todo el mundo se están implementando diversos esquemas de PSA hídricos, los cuales difieren sustancialmente en cuanto a la definición y clasificación del SA, el marco conceptual empleado, así como los métodos utilizados para la valoración económica y la evaluación ecológica del servicio en cuestión. Es necesario contar con una estructura básica de análisis que permita desarrollar propuestas de PSA más equitativas y cercanas a la realidad en cuanto a la relación entre las sociedades humanas y su entorno natural (Pattanayak 2004). Pero, sobre todo, que permitan mejorar la calidad de vida de las personas así como también promover la protección de los ecosistemas y establecer mejores relaciones entre los proveedores y beneficiarios de los SA.

Este trabajo presenta un análisis de seis estudios de casos sobre el PSA hídricos y trata de identificar los métodos empleados para valorar el SA desde la perspectiva económica y ecológica y la apreciación social del SA. La figura 1 muestra la estructura de análisis que se siguió para la realización del presente estudio.

Los puntos considerados para cada caso fueron. (a) la identificación del SA, (b) la unidad geográfica de análisis, (c) la unidad social de análisis y la identificación de los actores principales (proveedores y beneficiarios), (d) los métodos empleados en la evaluación biofísica del SA (oferta ambiental); también se consideraron: (e) los métodos utilizados para la valoración económica tanto por parte de los actores involucrados como los modelos teóricos, y (f) la implementación del caso. De igual manera, se identificaron los principales factores que ponen en riesgo la capacidad de los ecosistemas de proveer servicios ambientales.

FIGURA 1. ESQUEMA EMPLEADO PARA EL ANÁLISIS DE LOS SA HÍDRICOS



#### LA UNIDAD NATURAL QUE PROVEEN LOS SERVICIOS AMBIENTALES Y LA ESCALA DE ESTUDIO

Uno de los temas más controversiales sobre la puesta en marcha del PSA es la calidad del servicio que proveen los ecosistemas en un espacio geográfico y en el tiempo. En este sentido, la escala, definida por la Real Academia Española como el *tamaño o proporción en que se desarrolla un plan o idea* permite concretar la dimensión de análisis, ya sea de tiempo,

o bien, del espacio geográfico (Lovell *et al.* 2002). En este sentido, la escala nos permitirá entender cuáles son los procesos dominantes involucrados en la(s) función(es) ecológica(s) que proporciona el SA, la velocidad a la que estos ocurren y el posible impacto del beneficio del SA.

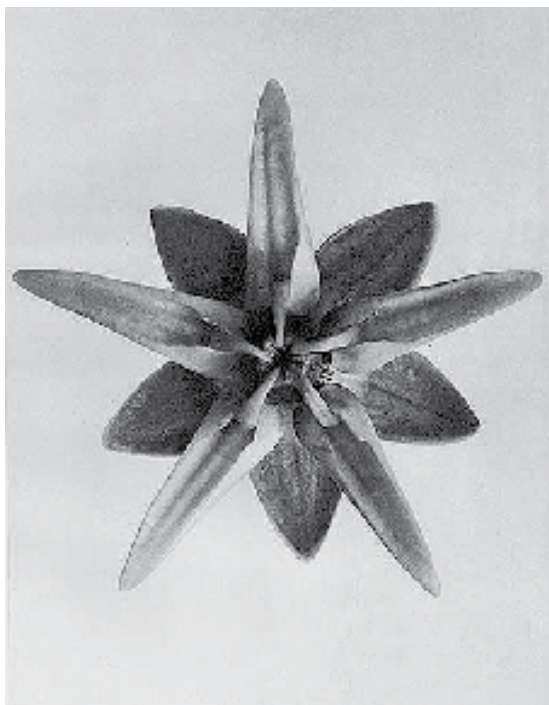
Los beneficios de los SA pueden ser de importancia para la sociedad ya sea a nivel global o local. La retención de suelos en una ladera es un ejemplo de un servicio que fácilmente se puede circunscribir a una entidad geográfica. Mientras que otros servicios no presentan demarcación territorial alguna, como la regulación del clima, que constituye un servicio con beneficios a escala global (Chomitz y Kumasi 1998, Kiersch 2000).

En este sentido, resulta de gran relevancia identificar la escala de trabajo, la unidad natural o seminatural garante de proveer el servicio así como los procesos ecológicos más significativos de las funciones ecológicas que proveen el SA (de Groot *et al.* 2002). Una vez definido el objetivo, será mucho más fácil establecer una estrategia de trabajo para evaluar el SA tanto en términos ecológicos como socioeconómicos.

Los servicios ambientales relacionados con la oferta hídrica han retomado el enfoque de cuencas como la perspectiva de análisis que permite circunscribir la oferta natural del servicio a una unidad geográfica funcional. Este enfoque permite también identificar la relación entre los principales actores en el manejo del territorio (Landell-Mills y Porras 2002). De igual forma, facilita evaluar el impacto de las actividades socioeconómicas en la calidad de los ecosistemas y su efecto sobre la capacidad de los ecosistemas de realizar funciones vinculadas a la generación de servicios (Kiersch y Tognetti 2002).

#### IDENTIFICACIÓN DE PROVEEDORES Y BENEFICIARIOS DE SERVICIOS AMBIENTALES

El PSA plantea que los propietarios de las tierras que proporcionan un servicio ambiental deben ser



retribuidos por los beneficiarios de los mismos. De esta manera, se logran concertar los incentivos de los propietarios por conservar y mantener el buen funcionamiento de los ecosistemas que proveen de SA, con los intereses de la sociedad para retribuir por aquellos beneficios generados (FAO 2000).

El esquema de PSA establece que dichos beneficios se expresan en términos monetarios, dentro de un esquema utilitario y del precio del mercado de determinado SA (Pagiola y Platais 2003). Sin embargo, en países en vías de desarrollo, como México, la importancia de los SA para los individuos y la sociedad está vinculada a su trascendencia cultural, social, ambiental, económica y a su calidad esencial, más no necesaria y exclusivamente, a un valor monetario asignado al SA (Toledo 1998). Es por ello importante reconocer cuáles son los alicientes de esos individuos o sociedades que permitirían promover la conservación de los ecosistemas, así como los estímulos para establecer acuerdos entre los diferentes actores.

En este sentido, identificar a los principales actores involucrados dentro de un esquema de PSA y sobre todo, reconocer la importancia de cierto SA, resulta fundamental para la elaboración y puesta en marcha de una iniciativa de este tipo. Reconocer la importancia de la participación social en el manejo integral de los recursos naturales ha sido una herramienta clave para la planeación del manejo de los recursos a mediano y largo plazos (Hare *et al.* 2002). En este sentido, durante el desarrollo de esquemas de PSA resulta relevante promover esquemas que fomenten la participación y la retroalimentación tanto de los proveedores como de los beneficiarios del servicio. Una de las estrategias clave para ello es la divulgación de los beneficios que proporcionan los ecosistemas, dirigidos tanto a la población de zonas urbanas como rurales, con la finalidad de crear vínculos entre los actores principales, los proveedores o propietarios de las tierras y los beneficiarios del SA. Para el caso específico de los servicios hídricos, el PSA responde, por un lado a la necesidad de disponer del recurso agua en términos de cantidad y calidad, y por otro, a la necesidad de vincular a los usuarios del servicio con los manejadores de las tierras que los proveen.

#### **MÉTODOS DE VALORACIÓN ECOLÓGICA Y ECONÓMICA DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES**

La valoración de los SA que ofrecen los ecosistemas es una estimación antropocéntrica y por tanto subjetiva, respecto del beneficio o el nivel de utilidad que presentan los SA para satisfacer las necesidades o proporcionar bienestar a ciertos individuos o sociedades humanas (Gatto y de Leo 2000). Es por ello que la apreciación del beneficio, la utilidad o la importancia de los SA que ofrecen los ecosistemas depende de la disciplina desde la que se analicen, de los intereses particulares de los individuos, de la valoración que da la sociedad en su conjunto al SA específico y al

nivel de información con el que se cuenta para hacer la estimación del valor o importancia del SA.

En la actualidad no existe un método que evalúe el agua como servicio ambiental ya que el enfoque de valoración económica de este líquido es relativamente nuevo y aún está a debate. Sin embargo, hoy se reconocen tres diferentes enfoques para la valoración de los ecosistemas y de los SA que estos proveen. *La valoración ecológica*, que hace referencia a aquellos procesos ecosistémicos principales, producto de las interacciones entre los componentes bióticos y abióticos que proveen SA. *La valoración económica*, que se enfoca a estimar la contribución de los ecosistemas al bienestar humano y el desarrollo económico y *la valoración cultural*, la cual se basa en el valor que tienen ciertos elementos del paisaje para una sociedad a partir de diferentes percepciones socioculturales de su entorno natural (de Groot *et al.* 2002).

La valoración de cada uno de estos enfoques por separado es una limitante para comprender la relación de interdependencia entre la calidad de los ecosistemas y su capacidad de proveer servicios ambientales en el tiempo y en el espacio. Asimismo, limita reconocer la importancia social de un determinado SA, así como identificar sus beneficios económicos para los individuos o sociedades es el tiempo y el espacio geográficos.

Y, desafortunadamente, una aproximación puramente económica no permitirá resaltar la importancia de promover la integralidad funcional de los ecosistemas y la relación con el impacto de las actividades económicas.

#### **UNA REVISIÓN GENERAL DE LOS CASOS DE ESTUDIOS**

Los aspectos analizados para cada uno de los casos se presentan de manera sintética en el cuadro 1 (pp. 40-42). Los temas analizados fueron: (a) la identificación del servicio, (b) la unidad geográfica en la que se suscribe el caso y si ésta se encuentra bajo algún

estatus de protección, (c) la unidad social de análisis y la identificación de los actores principales (proveedores y beneficiarios), (d) los métodos empleados en la evaluación biofísica y en la valoración económica del servicio y (f) la implementación del caso.

#### **PROVINCIA DE HEREDIA, COSTA RICA (CORDERO-CAMACHO 2001)**

El reconocimiento legal del recurso hídrico como servicio ambiental en Costa Rica requiere que éste sea valorado económicamente, cobrado en las tarifas por el servicio de agua potable y compensado a los propietarios que participan en la protección y recuperación del bosque. Bajo este escenario se desarrolla un mecanismo que incluye en las tarifas por abastecimiento de agua potable, el valor económico del servicio ambiental hídrico (agua potable) y el costo ambiental por recuperar el bosque en áreas de importancia hídrica en la provincia de Heredia. La unidad geográfica de análisis es la microcuenca, que integra cuatro microcuencas de dicha provincia (ríos Ciruelas, Segundo, Tibás y Bermúdez). Las zonas proveedoras del servicio son las partes altas, las cuales se encuentran bajo presión debido a procesos de cambio de uso del suelo como consecuencia de las actividades ganaderas. Los actores principales por parte de los proveedores del servicio son los finqueros de la zona rural de montaña y los beneficiarios del servicio son los residentes de la zona urbana, los establecimientos comerciales y el sector gobierno.

Los métodos utilizados para establecer la estructura tarifaria hídrica con base en factores ambientales se compone de la valoración de captación y la valoración de recuperación. La primera, se realizó a partir de una valoración económico-ecológica del recurso agua, a través del valor de productividad hídrica del bosque. Dicha valoración integra el costo de oportunidad de la actividad ganadera por captación de agua, la ponderación por parte de expertos y de la sociedad. Esta

ponderación se da en términos de la importancia del bosque en función del recurso hídrico y la estimación de agua captada por la cubierta forestal. La valoración de recuperación, contempla el costo de las actividades para la rehabilitación de las microcuencas. Para ello se hizo una valoración del costo de rehabilitación del bosque, que integra el costo de las actividades de reforestación en la superficie degradada, la ponderación de la importancia del bosque en función del recurso hídrico y la estimación de agua captada por los bosques en la cuenca.

De manera paralela, el estudio realiza un análisis que tiene como objetivo identificar la disponibilidad de proveer el SA y conocer el monto que los finqueros aspirarían a recibir por la protección y regeneración del bosque. La respuesta se analizó a través de un escenario de compensación monetaria (equivalente al del costo de oportunidad del uso del suelo). Asimismo, se realizó una investigación para conocer la disposición a pagar por parte de los beneficiarios, del SA. El método empleado fue el de valoración contingente.

El modelo de estructura tarifaria hídrica agrega una cantidad equivalente a los US\$0.0057/m<sup>3</sup> a la tarifa de agua potable y la tarifa de tratamiento posterior al servicio. Los propietarios finqueros vinculados al programa de protección y/o regeneración natural del bosque reciben a través de PROCUENCAS US\$68.86/ha/año, que equivale a la porción de *costo de oportunidad*. Los propietarios que realizan actividades de reforestación en zonas de potencial productivo de agua, reciben US\$571.86 a lo largo de cinco años. El resto del monto correspondiente al costo por establecer una plantación forestal es pagado en especie, con árboles para sembrar con un valor de US\$326.34. Actualmente, el proyecto ha implementado las tareas de protección y/o recuperación en un radio de 0.5 a 1 km aguas arriba de cada una de las fuentes, para el abastecimiento de agua potable. De manera paralela, se desarrollan estudios para definir las áreas de

recarga de acuíferos y los sitios que deben protegerse a mediano plazo.

LA ESPERANZA, COSTA RICA (ROJAS Y AYLWARD 2002)

Este caso presenta un mecanismo de cooperación para establecer un contrato de PSA entre dos particulares, por el servicio ambiental hídrico. El contrato establece el pago por parte de los beneficiarios de SA, a los proveedores del servicio ambiental. En este caso, los SA hídricos por los que se paga son: mantener un caudal estable durante la época de secas, disminuir la tasa de sedimentación y reducir los flujos altos.

La unidad geográfica en donde se desarrolla el caso es la cuenca del río La Esperanza, la cual cuenta con un área aproximada a los 34 km<sup>2</sup>. La zona proveedora del servicio hídrico se localiza río arriba, cubierta por un bosque en buen estado de conservación. Uno de los actores más importantes en el manejo de los recursos naturales en la cuenca es la ONG conservacionista Liga de Conservación Monteverde (MCL), dueña de la mayor parte de la cuenca y encargada del monitoreo y la prevención del cambio de uso del suelo. La presa hidroeléctrica La Esperanza (LEHP) se encuentra en la parte alta del río y es la interesada en hacer el pago por los beneficios que obtiene del bosque. En la zona también existen pequeños poblados rurales dispersos, cuya actividad económica está centrada principalmente en la agricultura de café y fruticultura y la producción ganadera para carne y leche.

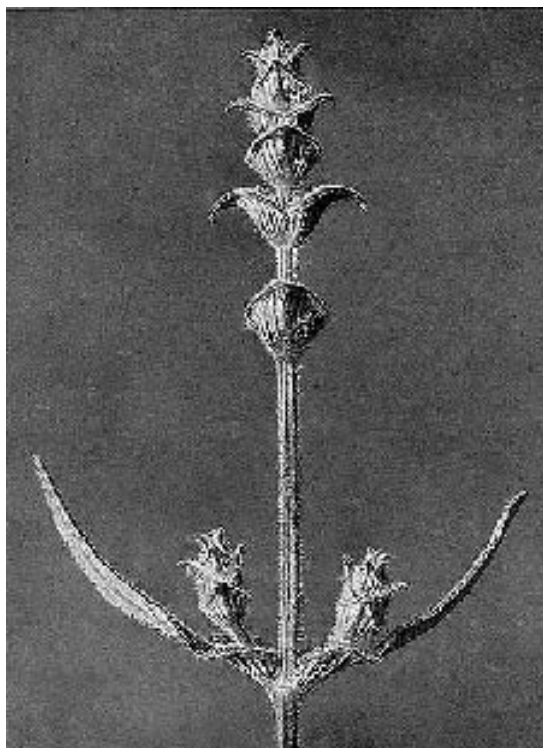
El marco conceptual del contrato se basó en el esquema de PSA desarrollado en Costa Rica en 1996, el cual tiene su origen en las iniciativas del sector forestal gubernamental de reforestación, y posteriormente de conservación del bosque fuera de las áreas bajo protección. A finales de los años noventa se eliminaron los subsidios a la conservación del bosque y se estableció el PSA. Bajo este esquema, la hidroeléctrica y la ONG conservacionista establecen un contrato privado por

la preservación de la cobertura forestal durante un plazo de 99 años. El monto de pago establecido está en función de lo que paga el Fondo Forestal Nacional (FONAFIFO), entidad gubernamental encargada de buscar y distribuir los fondos a los proveedores del SA.

El monto que FONAFIFO maneja es de US\$40/ha/año por el pago de un conjunto de cuatro servicios. El contrato entre LHEP-MCL retoma ese esquema, pero establece el costo de un solo SA, el de servicio hidrológico, en US\$10ha/año. El contrato privado entre LHEP-MCL establece el pago de distintos montos en diferentes etapas del proyecto. En este caso, no se realizó una evaluación de la oferta ambiental y la valoración económica del servicio estuvo en función del esquema que FONAFIFO implementa en Costa Rica. El contrato se estableció básicamente para evitar cualquier riesgo ocasionado a la hidroeléctrica por el cambio en el uso del suelo.

#### ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR, EL SALVADOR (PRISMA 2001)

En las últimas décadas, el crecimiento poblacional del área metropolitana de San Salvador (AMSS) sobre zonas permeables, idóneas para la recarga de los acuíferos, ha mermado su recarga, y a su vez, incrementado la demanda de agua por parte de la población. En este sentido, el abastecimiento de agua superficial es cada vez más importante en el suministro de agua pota-



ble para el AMSS. Por esa razón, la Comisión Nacional de Desarrollo propuso que la parte alta de la cuenca del río Lempa se considere zona productora de servicios ambientales hídricos.

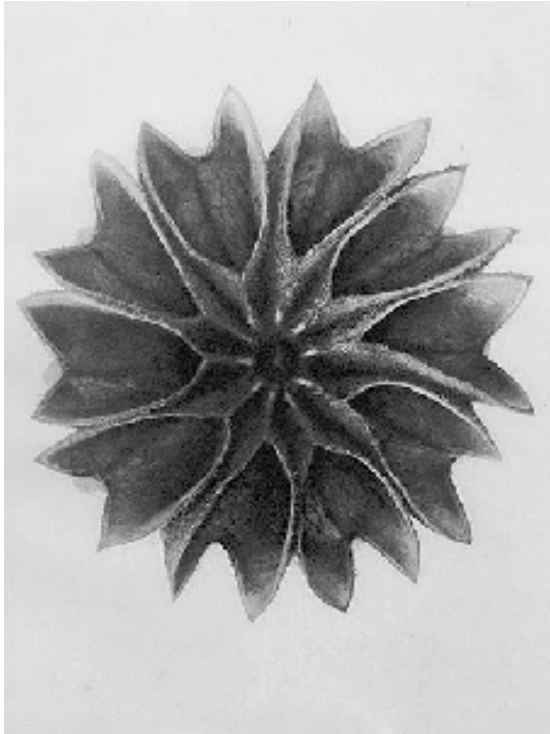
La zona reconocida como productora de servicios ambientales forma parte de la cuenca transfronteriza del río Lempa (El Salvador, Honduras y Guatemala). La porción que corresponde a El Salvador, se encuentra al norte del país y comprende tres regiones: norte, media y

sur, que corresponden a la zona de montaña, las serranías y la llanura aluvial, respectivamente. Los actores principales son los productores agrícolas ubicados en la zona norte que provee el servicio, mientras que las familias de los municipios del AMSS, que se abastecen de agua potable del sistema río Lempa, constituyen los beneficiarios del mismo.

El método utilizado para conocer el valor económico del SA fue el de valoración contingente bajo el formato de referéndum de esta forma se conoció la disponibilidad a pagar por la protección y conservación de bosques y agroecosistemas de la zona norte. En este caso no se hace una evaluación de la oferta ambiental que ofrece dicha zona. En el método de valoración contingente se le proporciona al beneficiario información referente a la relación entre el uso del suelo y la provisión de agua, para posteriormente conocer su inclinación a pagar.

El estudio revisado aporta información para cuantificar los beneficios sociales derivados de la provisión





del SA y proporciona un rango de monto a pagar por recibir el servicio, mismo que puede ser de gran utilidad para establecer un mecanismo de PSA.

#### LA CIUDAD DE CUENCA, ECUADOR (ECODECISIÓN 2002)

Cuenca es una de las tres ciudades más pobladas de Ecuador y cuenta con un sector industrial importante. Durante los últimos años la demanda de agua para uso industrial y para la generación de energía se ha incrementado y los problemas de contaminación afectan la calidad del agua potable. Con la finalidad de hacer una planeación para continuar suministrando de agua potable así como asegurar la calidad y cantidad de los recursos hídricos, la municipalidad y la empresa local gubernamental encargada de la administración de agua potable, alcantarillado, tratamiento de aguas residuales y telecomunicaciones (ETAPA), deciden hacer un manejo integrado de los recursos hídricos. El servicio hídrico que se analiza

es el de disponibilidad de agua potable en cantidad y calidad.

La zona de estudio la conforman las cuatro microcuencas principales de la ciudad de Cuenca, las cuales forman el río del mismo nombre, en una superficie de poco más de los 1,500 km<sup>2</sup>. Las zonas en donde se forman estos cuatro ríos son parte del Parque Nacional Cajas. Los beneficiarios más importantes del servicio son los habitantes de la ciudad de Cuenca, los agricultores y ganaderos, el sector turístico y una planta de electricidad. Por parte de los proveedores se encuentra el Parque Nacional Cajas así como los agricultores y ganaderos de las partes altas de las cuencas.

La creciente demanda de agua y el incremento de los problemas de contaminación del agua en zonas rurales y de sedimentación de los reservorios ha dado lugar a problemas para la generación de energía y el tratamiento del agua. Con la finalidad de conocer la demanda y la oferta ambiental del agua en la zona, la Comisión Nacional de Recursos Hídricos realizó un estudio donde demostró que a través de las concesiones se asigna mucha más agua que la disponible. El inventario de concesiones y las investigaciones sobre el monitoreo fluvial realizados con la Universidad de Cuenca, aportaron datos importantes para conocer que la oferta ambiental del recurso está siendo rebasada. Como resultado se creó un sistema de contabilidad desarrollado por ETAPA, el cual incorpora a los costos por metro cúbico de agua (captación-transporte y tratamiento-distribución) y los costos de las actividades realizadas para la protección de cuencas. El costo establecido por ETAPA, cuya diferencia se considera el mínimo para generar una utilidad subsidiando el 80% del costo, mismo que es absorbido por ETAPA.

De manera paralela se realizaron consultas a ganaderos cuenca arriba por ser los proveedores del SA y por resultar su actividad la más importante, la de mayor expansión en la zona y la de mayor impacto en la calidad y cantidad de agua. Las consultas reflejaron la disponibilidad a recibir un pago por la protección

de la parte alta de la cuenca así como el rango de la cantidad que los ganaderos desearían recibir pagos por los costos de oportunidad del ganado.

REGIÓN MANGGARAI, INDONESIA (PATTANAYA Y KRAMER 2001 A Y B)

El Parque Ruteng se estableció en 1993 para proteger el bosque de Mannggarai, frenar la deforestación e iniciar actividades de reforestación y conservación de tierras y para mejorar las condiciones ambientales de las cuencas. Este parque es de gran relevancia para los habitantes de la región, ya que les provee del servicio de mitigación de sequía, al mantener y conservar el caudal base de los ríos. El estudio que aquí analizamos aporta información sobre la valoración de los SA que ofrecen las cuencas bajo protección. El área de interés corresponde a los bosques ubicados en las partes altas de las 37 cuencas principales del parque Ruteng. Los actores más importantes son el propio parque, proveedor del SA, y los agricultores de arroz cuenca abajo, ubicados en las inmediaciones del parque, beneficiarios directos del servicio.

El estudio resalta la importancia y el beneficio económico (aproximado) que el SA provee al sector agrícola, cuantificando la relación entre la conservación de los bosques y la mejora en el desarrollo económico de las comunidades. Además, demuestra la demanda del SA, a través de su valoración económica por parte de la comunidad agrícola y teórica.

Se realizó una valoración económica y ecológica a través de un modelo hidrológico y de microeconomía aplicado a valorar el SA, como el aumento de caudal base y el incremento en la plusvalía del grupo familiar agrícola. Este modelo es la valoración teórica del SA. De manera paralela, la valoración económica contempló un estudio para conocer el valor del servicio de mitigación de sequía, como la disponibilidad a pagar por el SA ofertado (caudal base). El método empleado fue el de valoración contingente, basado

en encuestas de opción dicotómica. De acuerdo con el *valor teórico de la mitigación de sequía*, el caudal base afecta la utilidad, mientras que el cambio en la ganancia es una medida monetaria del valor del caudal base que equivale (teóricamente) a la disponibilidad a pagar por el SA. Se desarrolló el modelo de productividad del grupo doméstico agrícola para valorar el SA, el cual relaciona la mitigación de la sequía, la producción, la plusvalía y la maximización de la utilidad del grupo familiar.

El modelo de disponibilidad a pagar mostró las diferencias entre la disposición de la gente y el cambio calculado en la ganancia (relación teórica). Esta diferencia se liga con la percepción que los encuestados tienen sobre el valor del SA (caudal base) y el incremento percibido en las ganancias. La manera en la que incorporaron esta diferencia en la propuesta fue con un factor de “ajuste”, que incluye la ponderación del incremento de la ganancia percibida, similar al de “no uso”. Este factor depende de las condiciones ambientales, atributos demográficos y la posibilidad a mitigar la sequía.

A partir de estos análisis se estableció el rol del agua en la producción y la rentabilidad agrícolas, y se obtuvo una estimación del valor promedio anual de la plusvalía marginal de US\$ 0.36 por mm de caudal base. El análisis permitió evaluar el impacto de la cobertura vegetal en dicho caudal y los factores climáticos y fisiográficos que afectan directamente la mitigación de la sequía y su variación espacial en las inmediaciones del parque así como la valoración económica del SA.

Se obtuvo un valor promedio anual de disponibilidad a pagar por el SA de US\$2.79, que incluye el incremento percibido anual de la plusvalía por control de sequía (US\$1.97) y el factor de ajuste (US\$0.82). La disponibilidad a pagar por el SA indica que los beneficiarios lo demandan pese a que existen factores ambientales y socioeconómicos que afectan su valoración. El valor promedio de disponibilidad a pagar por el SA equivale aproximadamente al 10% del costo

anual de la agricultura, al 75% de las cuotas anuales por irrigación y al 3% del gasto anual por alimentación. Se estima que el valor de disponibilidad a pagar multiplicado por el número de familias en la zona de estudio para la protección de la cuenca generaría la mitigación de sequía en la región, lo que a su vez daría como resultado el incremento en el bienestar de la comunidad agrícola.

*Aunque la propuesta de PSA aun no se implementa, sin embargo, este estudio demuestra que en aquellas zonas donde la cobertura vegetal y el caudal base mantienen una relación positiva, se estima un incremento en la ganancia agrícola anual de hasta 10%. Asimismo, dicho trabajo demuestra la innegable demanda del servicio, a través de la valoración económica por parte de la comunidad agrícola y su comparación con la valoración teórica. El estudio presenta la diferencia en la valoración económica espacial por parte de la comunidad agraria sobre el SA percibido, así como la variación espacial de la oferta ambiental de este servicio. Se espera que la información generada sea de utilidad para hacer una planeación adecuada sobre la gestión de las cuencas en el parque Ruteng y mejorar el desarrollo económico de sus comunidades.*

LANDA DE MATAMOROS Y AMEALCO, MÉXICO  
(DELEGACIÓN SEMARNAT QUERÉTARO 2002)

Con la finalidad de promover acciones orientadas a la conservación de la cubierta forestal, frenar la deforestación y aminorar los factores de riesgo, la delegación de Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales en Querétaro, México, realizó un estudio prospectivo sobre el pago por servicios ambientales en los municipios de Landa de Matamoros y Amealco. El PSA lo realizaría el gobierno al canalizar el presupuesto ambiental a los proveedores de los SA de captura de CO<sub>2</sub> e infiltración de agua.

En este caso se analizaron dos microcuencas, una en el municipio de Landa de Matamoros, con un

área de 5.72 km<sup>2</sup> y la microcuenca del municipio de Amealco con una superficie de 2.1 km<sup>2</sup>. El estudio no identificó claramente los proveedores del SA y los beneficiarios del SA, sin embargo, se menciona que un programa de esta índole beneficiaría a grupos que cuenten con una cubierta forestal capaz de proveer el SA.

La valoración ecológica y económica incluyó el servicio de captura de carbono e infiltración del agua. El modelo se basa en el costo acumulado de captura e infiltración (CACI) e integra el costo de oportunidad, el precio del agua por infiltración, el precio internacional por captura de carbono, el costo de reforestación y restauración y el costo de protección o vigilancia. Para obtener el CACI se evalúa cada servicio por separado. El precio por infiltración de agua representa los costos de oportunidad, los costos de protección y de reforestación entre la aportación de la cubierta forestal a la infiltración de agua. La tasa de infiltración promedio estimada en 20%, proviene de estudios previos de la SEMARNAT. El cálculo biofísico de infiltración por hectárea utilizó un modelo desarrollado por la Universidad de Chapingo el cual considera factores que afectan directamente el proceso de infiltración, como tipo y textura de suelo, uso del suelo y cobertura vegetal, a través de coeficientes de escurrimiento.

En este caso, el PSA para captura de CO<sub>2</sub> e infiltración de agua está en función de los costos acumulados para mantener la cubierta forestal, o bien, el costo de oportunidad. La ganancia neta o compensación por mantener la cubierta forestal que permita la captura de carbono y la infiltración de agua se sintetiza en la sumatoria de costo acumulado de captura e infiltración (CACI).

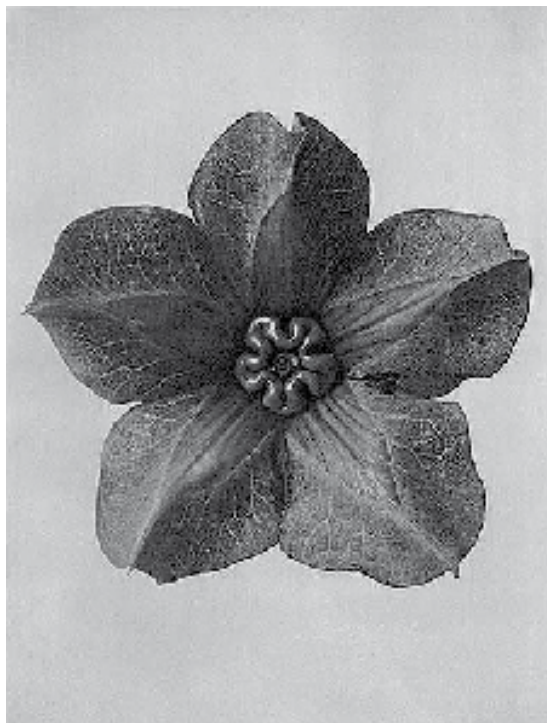
El costo de oportunidad se estimó en un valor de \$456.16ha/año, el costo de protección (vigilancia) en un valor de \$100 ha/año, el costo de reforestación y restauración en \$1,000 ha/año. El valor económico del precio de infiltración para el caso de Landa de Matamoros se estimó en \$6.74m<sup>3</sup>/ha/año, para el

caso de Amealco en \$173.63 m<sup>3</sup>/ha/año. El valor estimado para el conjunto de servicios ambientales por hectárea por año es de \$1,737.13 para Landa de Matamoros y de \$1,741.73 para Amealco. Este valor del costo acumulado por los dos servicios ambientales contrasta con el valor estipulado en el programa nacional que lanzó en 2003 la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). El Programa de pago por servicios ambientales hidrológicos realiza un pago anual de \$300/ha en zonas con cobertura vegetal de bosque templado y selva, y en el caso de una cobertura de bosque mesófilo de montaña, se establece un pago anual de \$400/ha con el compromiso de mantener una cobertura de dosel mínima del 80% durante los cinco años de duración del convenio.

#### DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El concepto de SA ha plasmado de forma más estrecha el vínculo indisoluble entre el desarrollo de las sociedades humanas y sus economías, con la permanencia y transformación de los ecosistemas. En donde los procesos naturales, sociales y económicos se encuentran intrínsecamente relacionados, la percepción sobre la disponibilidad de los recursos naturales y la relación de dependencia de las sociedades humanas y los ecosistemas ha cambiado en los últimos siglos. De esta manera, la conservación y el manejo de los ecosistemas no se percibe como un costo para la sociedad, sino como una inversión para mantener los ecosistemas e incrementar los beneficios que de estos se obtienen (Johnson *et al.* 2001).

Iniciativas como la del PSA se vislumbran como una estrategia para promover el mantenimiento y la conservación de los ecosistemas, frenando los factores de riesgo que los afectan. Sin embargo, es necesario desarrollar mecanismos de valoración y evaluación mucho más robustos que permitan alcanzar logros socioambientales que realmente reflejen una mejora en la calidad de vida de los individuos y sociedades.



Asegurar la disponibilidad de agua potable para uso doméstico es una de las principales razones de la implementación o estudio de las iniciativas de PSA analizadas. En sólo dos casos, la regulación del caudal hidrológico ha sido el punto de partida.

En todos los casos estudiados, *la cuenca es la unidad geográfica natural y funcional en donde se desarrollan iniciativas de servicios ambientales hídricos*. Este enfoque permite, por un lado, estudiar y evaluar aquellos procesos biogeoquímicos vinculados a la regulación hidrológica, y por el otro, permite entender la relación entre los impactos de las actividades humanas y sus efectos en los procesos ecosistémicos.

La mayoría de los casos, ya sean estudios prospectivos o esquemas de PSA, hacen uso de al menos información hidrológica básica. Algunos análisis retoman estudios hidrológicos previos y sólo en algunas ocasiones se genera información actualizada sobre la oferta ambiental, como base para el desarrollo de un sistema de pago. Un aspecto que puede ser una limitante para la evaluación biofísica del SA es la

CUADRO 1. COMPARACIÓN DE LOS DIFERENTES ESTUDIOS DE CASO ANALIZADOS

	COSTA RICA (A)	COSTA RICA (B)	EL SALVADOR
Servicio ambiental hídrico	Agua potable consumo doméstico	Regulación de caudal, retención de sedimentos	Volumen de agua potable consumo doméstico
Unidad biofísica de análisis	Microcuencas	Cuenca	Cuenca
Área bajo protección	No	Si	No
Factores de riesgo	Cambio de uso del suelo por ganadería	Cambio de uso del suelo	Disminución de recarga de acuíferos por crecimiento urbano y contaminación del agua
Actores proveedor/beneficiario	Finqueros/residentes urbanos, comercio, gobierno	ONG conservacionista/ empresa hidroeléctrica	Agricultores/residentes urbanos
Unidad social de análisis	Finqueros/residencias, establecimiento comercial	Asociación	Familia residente urbana
Evaluación biofísica del SA	Estimación de la oferta de agua, demanda de agua por sector y caudal ecológico	No	No
Datos biofísicos	Agua captada por el bosque y opinión de expertos	No	No
Valoración económica del SA	Valor de captación hídrica, valor del costo de recuperación	No, retoman el monto que estipula FONAFIFO	No

ECUADOR	INDONESIA	MÉXICO	MÉXICO
Agua potable consumo doméstico	Mitigación a la sequía	SA mixto, captura de carbono e infiltración de agua	SA hidrológico
Cuenca	Cuenca	Microcuenca	Predio
Si	Si	No	No necesariamente
Incremento de la demanda de agua, contaminación del agua y sedimentación de reservorios	Deforestación	Deforestación	
Parque nacional Cajas, agricultores y ganaderos/residentes urbanos, turismo, planta eléctrica, agricultores y ganaderos	Parque Ruteng/agricultores	No	Propietario del predio/ no identificado
Propietario	Familia del grupo agrícola	Ninguna	Propietario, núcleo agrario, asociación o sociedad
Monitoreo fluvial, estudio sobre oferta y demanda hídrica	Modelo hidrológico por cuenca, estimación de la oferta espacial del SA	Evaluación biofísica con modelo de infiltración	No
Datos hidrológicos	Estudios previos, análisis de la relación cobertura vegetal-caudal base, datos hidrológicos	Estudio previo estimación de tasa de infiltración promedio en bosque y datos hidrológicos	No
Sistema de contabilidad del agua (costo del agua y costo de protección de cuencas)	Modelo de valoración de mitigación de sequía	Costo de oportunidad, costo de protección y reforestación	No, el monto fue estipulado por la CONAFOR

(Continúa)

CUADRO 1. COMPARACIÓN DE LOS DIFERENTES ESTUDIOS DE CASO ANALIZADOS (*continúa*)

	COSTA RICA (A)	COSTA RICA (B)	EL SALVADOR
Valoración económica por parte del proveedor	Entrevista	No	Estudio previo sobre costos de oportunidad
Valoración económica por parte del beneficiario	Método valoración contingente	No	Método valoración contingente, Disponibilidad a pagar por estrato social
Valoración integral	Valor de productividad hídrica del bosque	No	No
Implementación	Estructura tarifaria que incluye valor económico del servicio y costo por recuperación	Contrato entre particulares	No

Los SAH, según la SEMARNAT, incluyen: servicios que inciden en la recarga de los mantos acuíferos, la calidad de agua, la reducción de la carga de sedimentos, la reducción de las corrientes, la conservación de manantiales, la disponibilidad de agua superficial en época de secas y la reducción de riesgos e inundaciones (DOF 2004).

disponibilidad de datos de calidad y buena resolución tanto espacial como temporal. Tal es la situación de países como México, que poseen con una gran heterogeneidad ambiental, pero no cuentan con una cobertura amplia de datos, aunque existen métodos alternativos que pueden ser de utilidad para solventar esa limitante (véase el trabajo de Maqueo y colaboradores en este mismo número).

La evaluación biofísica del SA hídrico, para la mayoría de los casos, está en función de la cantidad de agua disponible. No se consideran aspectos ecológicos que reflejen la funcionalidad del ecosistema ni su capacidad de proveer el servicio. En algunos casos se hace explícita la inclusión de conocimiento experto para derivar información útil referente a la

importancia de la cobertura vegetal y del proceso de infiltración.

Se parte del supuesto de que la cobertura forestal es un indicador garante de los servicios hídricos. En este sentido, se desconoce cuál es la capacidad real de los ecosistemas para proveer servicios hídricos en términos de calidad, cantidad y, sobre todo, su continuidad en extemporal y espacial. No se reconocen los procesos ecosistémicos más importantes, por lo que no se hace un monitoreo adecuado del desempeño de los mismos. En la mayoría de los casos, los PSA hídricos se establecen principalmente para frenar el cambio de uso del suelo que resulte en una transformación que deteriore la capacidad de los ecosistemas de proveer de servicios ambientales.

ECUADOR	INDONESIA	MÉXICO	MÉXICO
Consulta, reflejan un rango de costo de oportunidad	No	No	No
Consulta, refleja la disponibilidad a pagar	Método valoración contingente encuestas y variación espacial de la demanda	No	No
No	Valoración económica-ecológica	Modelo de costo acumulado de captura e infiltración	No
Sistema de contabilidad que integra costos por manejo de cuenca, con subsidio del 80%	No	No	Acuerdo, carta de adhesión entre el propietario y la CONAFOR

Respecto de la identificación de los actores involucrados, el enfoque de cuenca permite vislumbrar de manera más clara las relaciones entre los actores cuenca arriba (generalmente, los propietarios de los terrenos que proveen los SA) y los actores cuenca abajo (por lo común, los beneficiarios del servicio). La unidad social de análisis para la mayoría de los casos es, principalmente, el nivel local (familias urbanas, agrícolas o campesinas, o bien empresas hidroeléctricas o instituciones de conservación). En este sentido, la unidad de análisis está vinculada a la unidad espacial en cuestión.

Uno de los puntos más importantes en cuanto al PSA es que *los métodos de valoración económica aplicados a los SA simplifican la complejidad ambiental*, la cual tiene que ver con *la capacidad del ecosistema* para establecer funciones ecológicas que permitan proveer servicios ambientales (de Groot 2002). El

valor monetario asignado en la mayoría de los casos no reflejará el valor “real” del SA en términos sociales, ambientales o incluso económicos. El pago de los SA depende, en gran medida, de la disposición por parte de la sociedad que obtiene el beneficio, para retribuir a los proveedores de dicho servicio. En este sentido, resulta importante contar con una buena estrategia enfocada a la educación y la difusión de información conceptual, acerca del funcionamiento de los ecosistemas y los beneficios que estos proveen, para que los individuos y la sociedad en su conjunto cuenten con mucha más información al hacer la valoración sobre los SA que obtienen.

Los países megadiversos como México se caracterizan por contar con una riqueza cultural que ha desarrollado un vasto y milenario conocimiento sobre el manejo y la conservación de los ecosistemas a largo plazo (Toledo 1998). Esto se ha logrado gracias a una iden-



tificación profunda de los individuos y sociedades con los procesos naturales, lo cual ha permitido salvaguardar la riqueza natural y cultural frente a un medio utilitario, de cambio acelerado y deprecación (CHAC 2001). Sin embargo, *hoy en día la creciente pérdida del vínculo entre las sociedades y su entorno natural, así como la desarticulación social, representan un reto para aquellas estrategias de conservación de los ecosistemas.*



En países como el nuestro, en donde gran parte de la riqueza natural se encuentra en manos de la propiedad social, resulta importante replantear el tipo de incentivos que se emplean en un esquema de PSA. En algunas ocasiones, pueden desencadenar conflictos sociales, con impactos negativos para la conservación de los ecosistemas, más que soluciones viables. Como se observa en la mayoría de los casos analizados, los incentivos empleados son del tipo económico y sólo en algunos casos en especie. *Es necesario considerar que una iniciativa de PSA dentro de un sector rural marginado y desarticulado socialmente, tiene que dirigirse hacia incentivos enfocados a fortalecer las capacidades locales para la gestión de los recursos naturales y los servicios ambientales.*

Uno de los motivos para desarrollar una estrategia de PSA es intentar frenar los factores que ponen en riesgo la capacidad de los ecosistemas de realizar los procesos y funciones ecológicas y por ende mantener la oferta hídrica. De los casos estudiados, el factor de riesgo más importante es el cambio en el uso del

suelo ligado a procesos de deforestación. Sin embargo, sólo en algunos casos se plantea implementar acciones paralelas al PSA, que fomenten una mejora en las condiciones de los ecosistemas.

Uno de los puntos clave de esta iniciativa es que logra plasmar de manera más clara y directa, la relación de dependencia de las sociedades humanas y su desarrollo, con los beneficios que se obtienen de los ecosistemas. En este sentido, las ciencias ambientales

tienen mucho que aportar para comprender mejor las relaciones que se derivan del binomio sociedad-medio ambiente. Uno de los retos principales es traducir el conocimiento generado e incorporarlo a un análisis integral del manejo de ecosistemas y de servicios ambientales en un contexto de cuencas hídricas.

#### **AGRADECIMIENTOS**

Quisiera agradecer profundamente a los revisores por sus comentarios y sugerencias que contribuyeron a mejorar sustancialmente el presente documento.

#### **BIBLIOGRAFIA**

Aylward, B. y S. Tognetti. 2002. Valuation of hydrological externalities of land use change: Lake Arenal case study, Costa Rica. Land-water linkages in rural watershed. Case study series. FAO, Italia. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/agl/watershed/>.

Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible (CINPE). 2002. El pago de servicios ambientales en Centroamérica.

Chomitz, K. y K Kumasi. 1998. The domestic benefits of tropical forests: a critical review. *World Bank Research Observer* 13(1):13-35. Disponible en: <http://wbln0018.worldbank.org/environment>.

Conservación Humana, A.C. (CHAC). 2001. Huiricuta, Patrimonio natural y Cultural. Documentos internos.

Cordero-Camacho. 2001. PROCUENCAS, un esquema de cobro y pago por servicio ambiental hídrico, en la Provincia de Heredia, Costa Rica. Empresa de Servicios Públicos de Heredia. Disponible en: [http://www.undp.org/cu/eventos/aprotegidas/Pago\\_Serv\\_Amb\\_Agua\\_D\\_Cordero\\_Heredia.pdf](http://www.undp.org/cu/eventos/aprotegidas/Pago_Serv_Amb_Agua_D_Cordero_Heredia.pdf).

Costanza, R., R d'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R. O'Neill, J. Paruelo, G. Raskin, P. Sutton y M. Van der Belt. 1998. The value of the world's services and natural capital. *Ecological Economics* 25(1): 3-15.

Diario Oficial de la Federación (DOF). 2004. Acuerdo por el que se modifican las Reglas de Operación para el otorgamiento del PSAH, publicado el 3 de octubre de 2003. 18 de junio 2004. Pp. 26-43.

de Groot, R.S., M.A. Wilson. y R.M.J. Boumans. 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41: 393-408.

ECODECISIÓN. 2002. Evaluación de impacto



de los servicios ambientales en las cuencas: Lecciones emergentes de Pimampiro y Cuenca en Ecuador. Proyecto auspiciado por International Institute for Environment and Development (IIED). Disponible en: <http://www.poptel.org.uk/iied/docs/eep/MES%20Series/MES4Espanol.pdf>.

FAO. 2000. Taller Electrónico Relaciones Tierra-Agua en Cuencas Hidrográficas Rurales. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/agl/watershed>.

Gatto, M. y G.A. de Leo. 2000. Pricing Biodiversity and Ecosystem Services: The Never-Ending Story. *BioScience* 50(4): 347-355.

Global Environmental Facility (GEF). 2002. *The challenge of sustainability. An Action Agenda for the Global Environment*. GEF, Washington, D.C.

Hare, M., R.A. Letcher y A.J. Jakeman. 2002. Participatory natural resources management: a comparison of four case studies. *Proceedings of the First Biennial Meeting of the International Environmental Modelling and Software Society*, Volume 1, pp. 73-78. IEMSS, 2002.

Hueting, R., L. Reijnders, B. Boer, J.G. Lambooy y H. Jan-

sen. 1998. The concept of environmental function and its valuation. *Ecological Economics* 25(25): 31-35.

Johnson, N., A. White y D. Perrot-Maître. 2001. Development markets for water services for forest: issues and lessons for innovators. *Forest Trends*, World Resource Institute y Katoomba Group. Disponible en: <http://www.forest-trends.org>.

Kiersch, B. 2000. Land use impacts on water resources. En: *Land-water linkages in rural water-*

- sheds. Taller Electrónico. FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/agl/watershed>.
- Landell-Mills, N. e I. Porras. 2002. *Silver bullet or fools' gold?: A global review of markets for forest environmental services and their impacts on the poor*. Institute for Environment and Development, Londres.
- Lovell, Ch., A. Maldonado y P. Moriarty. 2002. The question of scale in integrated natural resource management. *Conservation Ecology* 5(2): 25.
- Millennium Ecosystem Assessment (MA). 2003a. *Ecosystems and Human Well-Being: Health Synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- . 2005b. *Ecosystems and Human Well-Being*. Island Press, Washington, DC.
- Pagiola, S. y G. Platais. 2003. Pagos por Servicios Ambientales. En: Memorias del III Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas. REDLACH-FAO-INRENA.
- Pattanayak, S. 2004. Valuing watershed services: concepts and empirics from southeast Asia. *Agriculture Ecosystems and Environment* 104: 171-184.
- Pattanayak, S. y R. Kramer. 2001a. Worth of watersheds: a producer surplus approach for valuing drought mitigation in Eastern Indonesia. *Environment and Development Economics* 6: 123-146.
- . 2001b. Pricing ecological services: Willingness to pay for drought mitigation from watershed protection in eastern Indonesia. *Water Resources Research* 34(3): 771-778.
- Pérez-Maqueo, O., Ch. Delfín, A. Fregoso, H. Cotler y M. Equihua. 2006. Modelos de simulación para la elaboración y evaluación de los programas de servicios ambientales hídricos. En este número de *Gaceta ecológica*.
- Programa Salvadoreño de Investigación sobre Medio Ambiente (PRISMA). 2001. Valoración Económica del Agua para el Área Metropolitana de San Salvador. PRISMA, El Salvador.
- Real Academia Española. 2005. *Diccionario de la lengua española*. Vigésimo segunda edición. Espasa Calpe, Madrid.
- Revenga, C., J. Brunner, N. Henninger y R. Payne. 2000. *Pilot analysis of global ecosystems. Freshwater systems*. World Resources Institute, Washington, D.C.
- Rojas, M. y B. Aylward. 2002. Cooperation between a small private hydropower producer and conservation NGO for forest protection: The case of La Esperanza, Costa Rica. Land-water linkages in rural watershed. Case study series. FAO, Italia. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/agl/watershed>.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) Delegación Querétaro. 2002. Servicios ambientales del recurso forestal. *Programa de pago de servicios ambientales. Cruzada por el bosque y el agua*. SEMARNAT, México.
- Toledo, A. 1998. *Economía de la biodiversidad*. PNUMA. Oficina regional para América Latina y el Caribe. Red de formación ambiental. Serie de textos para la formación ambiental no. 2, México.

---

Este artículo se recibió el 25 de noviembre de 2005 y fue aprobado en 21 de marzo de 2006.  
**Imágenes:** fotografías de Karl Blossfeldt (1865-1932).