

Esquema de cobro del servicio hidrológico que provee la cuenca alta del Pixquiac

• Marta Magdalena Chávez-Cortés* • Karla Erika Mancilla-Hernández •
Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco, México

*Autor de correspondencia

Resumen

Chávez-Cortés, M. M., & Mancilla-Hernández, K. E. (septiembre-octubre, 2014). Esquema de cobro del servicio hidrológico que provee la cuenca alta del Pixquiac. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 5(5), 161-177.

Desde el punto de vista hidrológico, los bosques otorgan múltiples beneficios a la sociedad, entre ellos la captación y limpieza del agua. Sin embargo, siguen siendo sujetos a dimensiones alarmantes de deforestación, por lo que el pago por servicios ambientales puede verse como una estrategia prometedora para su conservación. En tal contexto, este trabajo se orientó a construir una propuesta de tarifa hídrica que pudiera ser aplicada a los usuarios del agua en la cuenca del río Pixquiac, para lo cual se utilizó el método de costo de oportunidad para asignarle valor al bosque. Los resultados indican que la principal actividad económica que compite con el uso de suelo forestal es la ganadería, y que el monto de la compensación que deben pagar los usuarios por los servicios hídricos que presta el bosque asciende a \$0.473/m³ durante el primer año y \$0.232/m³ del año dos al diez. Se concluye que el precio del mercado de la actividad que compite con la conservación del bosque es un factor determinante en la factibilidad de la aplicación de una tarifa hídrica. También que la aplicabilidad de la tarifa dependerá de la voluntad de pago de los usuarios del agua y de su nivel de ingresos. De aquí la necesidad de complementar esta investigación con un estudio de valoración contingente en donde se determine el monto que los usuarios estarían dispuestos a pagar por seguir contando con agua suficiente en calidad y cantidad para satisfacer sus necesidades reales.

Palabras clave: pago por servicios ambientales, captación de agua, tarifa hídrica.

Abstract

Chávez-Cortés, M. M., & Mancilla-Hernández, K. E. (September-October, 2014). Charging Scheme for Hydrological Services Provided by the Upper Pixquiac River Watershed. *Water Technology and Sciences (in Spanish)*, 5(5), 161-177.

From a hydrological point of view, forests provide multiple benefits to society; among them, water collection and purification. Yet they are still subjected to alarming rates of deforestation, which is why the payment of environmental services is seen as a promising conservation strategy. The goal of this work was to determine a water tariff that can be applied to water users in the Pixquiac River watershed, using the opportunity cost method. Our results show cattle to be the main economic activity competing for land use. The study determined that the amount consumers should pay for water services provided by the forest is \$0.473/m³ during the first year and \$0.232/m³ from year two to year ten. It concludes that the market price for the activity competing with forest conservation is a determinant of the feasibility of applying a water tariff. The applicability of the tariff will also depend on the consumers' willingness to pay and their income level. Hence the need to complement this research with a contingent valuation study to determine the amount consumers would be willing to pay to have water in enough quantity and quality to satisfy their current needs.

Keywords: Economic-ecological evaluation, payment for environmental services, water collection, hydrological monetary rate.

Recibido: 29/10/13
Aceptado: 19/03/14

Introducción

El agua es uno de los recursos estratégicos de este siglo tanto a escala local como global. Su profusa presencia en el planeta (38 millones de km³) contrasta con su desigual distribución, y el hecho de ser un elemento esencial para la vida hace que, en la actualidad, sea el centro de muchos conflictos. La disponibilidad de

agua, junto con la degradación del suelo y la pérdida de la biodiversidad, son considerados los principales problemas que amenazan a los recursos naturales, y a la preservación y buen funcionamiento de los sistemas que soportan la vida (Chávez, 2007).

En México se ha señalado que la disponibilidad de agua es uno de los problemas más serios que se deberá enfrentar durante las próximas

dos décadas, pues cerca del 11% de la población encara problemas de escasez de agua. Aunado a esto, nuestro país se ha desarrollado de manera inversa con la disponibilidad de agua, ya que el 76% de la población vive donde se localiza tan sólo el 20% del agua dulce disponible. Como consecuencia, la sobreexplotación de los acuíferos, las costosas transferencias de una cuenca a otra para satisfacer las crecientes demandas y los conflictos entre usuarios en competencia se han incrementado durante los últimos 20 años (Chávez, 2007).

Dentro de los factores que han favorecido esta problemática del agua podemos mencionar los siguientes: 1) la falta de entendimiento de la relación ecosistema y agua; 2) el desconocimiento de los beneficios que proveen los ecosistemas; 3) el entendimiento limitado de cómo los ecosistemas sustentan una amplia gama de procesos de producción y consumo, y 4) la limitada valoración de los ecosistemas en la toma de decisiones, por la carencia de mercados para los bienes y servicios que proporcionan (Emerton & Bos, 2004; Ramírez-Chasco, Cabrejas-Palacios, Seco-Meneses, & Torres-Escribano, 2004; MEA, 2007).

Estos cuatro aspectos aplican al caso de los ecosistemas forestales, pues a pesar de los beneficios que otorgan a la sociedad desde el punto de vista hidrológico —captación y almacenamiento de agua; minimización de ciclos de inundación y sequía; control de la erosión y sedimento en los cuerpos de agua; calidad de agua; regulación del clima a escalas locales y regionales (Emerton & Boss, 2004; Manson, 2004)—, siguen siendo sujetos a dimensiones alarmantes de deforestación. Se debe resaltar que el informe principal de la evaluación de los recursos forestales mundiales señala que la pérdida de superficie boscosa en México durante el periodo 2000-2010 ascendió a 195 mil hectáreas, siendo el cambio de uso de suelo de forestal a urbano y agrícola el primer factor implicado en la deforestación de sus bosques y selvas (FAO, 2011). En el caso particular de Veracruz, existen datos que señalan que durante el periodo 1993-2000 fue

la entidad que perdió el mayor porcentaje de vegetación natural (19%) (Semarnat, 2006b). Asimismo, durante el Tercer Congreso Mexicano de Ecología, efectuado en abril de 2011 en Veracruz, se dijo que la entidad había perdido más del 80% de su cobertura vegetal original, y se subrayó que el foco rojo era la deforestación que se estaba dando en las partes altas de las cuencas, sobre todo en el Cofre de Perote y el Pico de Orizaba. Como resultado de esta pérdida de capital natural, aunado a condiciones de estiaje, la ciudad de Xalapa —abastecida en buena parte (40%) por el agua que se capta en la cuenca del río Pixquiac— ha debido enfrentar serios problemas de desabasto de agua, que han llevado a las autoridades a recurrir al tandeo (Contreras & Solano, 2010).

En contraste con este escenario, muchos especialistas opinan que los servicios ambientales o ecosistémicos son una de las razones más importantes para conservar los bosques o para administrarlos con más esmero. De hecho, el grado en que se mantienen los servicios ambientales forestales es uno de los criterios principales para distinguir entre los regímenes de administración más sustentables y los regímenes que no lo son (Higman, Bass, Judd, Mayers, & Nussbaum, 1999). Este reconocimiento ha llevado a desarrollar estrategias complementarias a las de la regulación del suelo y a las de restauración post-desastre para enfrentar con mayor éxito el reto de la conservación de los bosques (Landell-Mills & Porras, 2002). La valoración económica y la generación de mercados para los servicios ambientales que ofrecen los ecosistemas representan un ejemplo de este nuevo enfoque (Silva-Flores, Pérez-Verdín, & Navar-Cháidez, 2010).

El mercado de servicios ambientales o ecosistémicos se basa en el principio de que los proveedores de dichos servicios deben ser compensados económicamente por la sociedad que disfruta de los mismos, como una forma de conservar los ecosistemas donde éstos se generan. Por lo general, los propietarios de los ecosistemas no reciben una compensación

por los servicios ambientales que sus tierras proporcionan, así estos beneficios no son considerados a la hora de tomar decisiones acerca del uso de la tierra, reduciendo las probabilidades de que adopten prácticas productivas que generen beneficios para los ecosistemas. Al compensarlos por los servicios ambientales que su tierra suministra, es más probable que escojan un uso sustentable de la tierra (Landell-Mills & Porras, 2002). En teoría, esto conlleva la promoción de un uso más efectivo y sustentable de los recursos naturales, contribuyendo a invertir la tendencia a considerar el medio ambiente como “bien gratuito” (Cordero, 2003).

De acuerdo con la literatura, dicha alternativa se presume prometedora para los bosques, ya que el mercado de los servicios ambientales proporcionados por ellos está creciendo rápidamente gracias al fomento que las políticas nacionales y regionales le han dado, y también por la influencia de convenios y tratados internacionales, por ejemplo la Convención Marco sobre el Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto, la Convención sobre la Biodiversidad y Tratado de Libre Comercio de América del Norte en el caso de México (FAO, 2004). De hecho, algunos autores como Rosa *et al.* (2004) (citado en Silva-Flores, 2010) opinan que en el país existen condiciones favorables para el desarrollo de estas iniciativas, y ven como buenas oportunidades la captura de carbono, la diversidad genética, los atractivos naturales y el servicio ambiental hídrico. Asimismo, el Informe sobre la Propuesta de Pago por Servicios Ambientales (PSA) en México señala que existen tres consideraciones que sustentan una tendencia en favor de esta estrategia nacional de conservación, a saber: 1) México exhibe ventajas comparativas en cuanto a mercados internacionales en materia de biodiversidad, cobertura forestal (actual y deseada) y ecoturismo; 2) la vulnerabilidad climática, de acceso al agua y otros recursos representa un riesgo significativo nacional, anunciado por las organizaciones de la sociedad civil y la academia, y reconocido por el Estado;

3) la política socioeconómica mexicana se presta bien a soluciones de mercado como un complemento para enfrentar la problemática ambiental. Aunado a este ambiente propicio, la construcción de políticas para los mercados de servicios ecosistémicos encuentra sustento en un conjunto de instrumentos legales, que incluye el artículo 27 constitucional, la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, la Ley de la Vida Silvestre, la Ley de Bioseguridad, la Ley Forestal, la Ley Agraria, la Ley de Conservación de Suelos y la Ley del Agua.

En México, el mercado de servicios ambientales se adoptó formalmente como estrategia nacional en 2003, cuando se puso en marcha el Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH), para atender áreas de importancia hidrológica estratégica (Corbera & González, 2007). Con este programa se busca proveer incentivos económicos a los usufructuarios, dueños o legítimos poseedores de terrenos con recursos forestales, para reducir la deforestación en áreas con problemas severos de abasto de agua causados por el cambio de uso de suelo (Semarnat, 2006a). No obstante, antes de estos programas, México ya había albergado algunas iniciativas de pago por servicios ambientales, incluyendo uno de los primeros proyectos de secuestro de carbono en el mundo y un esquema en el nivel de cuenca en el municipio de Coatepec, Veracruz, el cual fue uno de los primeros en Latinoamérica en establecer un fideicomiso, a través del cual los consumidores de agua compensaban a los manejadores del bosque por el mantenimiento de la cobertura forestal de la parte alta de la cuenca local (Corbera, González, & Brown, 2009).

En general, las opiniones sobre la efectividad de este tipo de esquemas para la conservación de los bosques y la promoción de la sustentabilidad son que ha tenido un alcance positivo aunque modesto. El Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (Coneval), por ejemplo, en su evaluación específica de desempeño 2008-2009, informó de una relación directa entre la reducción de

la deforestación y el otorgamiento de apoyos. Notificó también que los propietarios de dichos predios manifestaron que de no existir el programa de pago por servicios ambientales dedicarían sus terrenos a otro uso de suelo. En el mismo tenor, algunos autores reconocen el éxito en la aplicación de esta estrategia en varios casos, como en la comunidad de Puerto Bello Metzabok en Chiapas, el Sistema Comunitario para la Biodiversidad de Oaxaca, el Proyecto Fábricas del Agua Centro Sinaloa (Faces), la Reserva de la Biosfera Monarca, el proyecto Scolel Té en Chiapas y el caso del Mecanismo Local de Compensación por Servicios Ambientales en Quintana Roo, entre otros, en donde se realizan diversas acciones para la conservación de los ecosistemas y se generan beneficios monetarios para las comunidades (Chávez & Mancilla, 2013).

Por otro lado, se está de acuerdo en que esta clase de proyectos han generado otros tipos de beneficios, como el fortalecimiento del capital social de los grupos (entrenamiento, organización) para mejorar el manejo forestal; autonomía para la gestión de su territorio; el reconocimiento de derechos de uso y propiedad; la contribución de las reglas de su implementación para mejorar la vigilancia contra la tala ilegal, y la instrumentación de esquemas de financiamiento de largo plazo para la conservación de la biodiversidad de importancia global, tales como los Fondos Concurrentes y el Fondo Patrimonial de Biodiversidad (Corbera *et al.*, 2009). Sin embargo, autores como Muñoz-Piña, Guevara, Torres y Braña (2008), y García-Amado, Ruiz, Reyes, Barrasa y Contreras (2011) opinan que si bien este mecanismo es esperanzador, aún falta afinar su operación, para poder cumplir cabalmente con su objetivo. Por ello, es importante continuar trabajando en esta dirección, generando información a partir de casos de estudio, que permita entender más el tema de la provisión de agua ligada con la valoración cuantitativa de este servicio ambiental, sobre todo en el contexto nacional (Silva-Flores *et al.*, 2010).

Toda estimación del valor económico de los servicios ambientales implica la elección de un método. Los principales métodos de valoración entre los cuales se puede elegir se agrupan en distintas categorías: valoración a precios de mercado, incluyendo el costo de oportunidad; estimación de beneficios de consumo y producción de subsistencia; métodos de mercados sustitutos, incluyendo el modelo del costo de viaje, modelo hedónico y modelos de bienes sustitutos; métodos de la función de producción, los cuales se centran en relaciones biofísicas entre las funciones ambientales y las actividades de mercado; métodos de preferencias expresadas, principalmente el método de valoración contingente y sus variantes; y los métodos basados en costos, incluyendo el método de los costos de reposición y gastos defensivos (Dixon, Scura, Carpenter, & Sherman, 1994; Van den Bergh, 1996). En el caso de este trabajo, se eligió el *método de costo de oportunidad* para calcular el valor económico-ecológico de los bosques como captadores de agua, por su validez y aceptación teórica, sus requerimientos de información y la facilidad de su empleo (Munasinghe & Lutz, 1993; Van den Bergh, 1996). En este método, el costo implica algo más que lo que es preciso pagar o sacrificar para obtener un bien o servicio, ya sea mediante la compra, el intercambio o la producción. Bajo este enfoque, si un consumidor paga una suma de dinero para recibir un bien, estará decidiendo, implícitamente, no destinar ese dinero a la compra de otros bienes que podrían darle mayor o menor satisfacción; si una empresa ocupa sus recursos en producir algo, pierde la oportunidad, obviamente, de dedicar esos mismos recursos a la creación de otros productos. De aquí surge un concepto central en la ciencia económica contemporánea: el *costo de oportunidad*, el cual se entiende como el beneficio que se sacrifica al no seguir en un curso alternativo de acción (Munasinghe & Lutz, 1993).

En el caso de los bienes o servicios intangibles, como el aire puro o la captación y almacenamiento de agua, el costo de

oportunidad se basa en la idea de que los costos de usar un recurso para propósitos que no tienen precios en el mercado o no son comercializados pueden ser estimados usando como variable *proxy* el ingreso perdido por no emplear el recurso en otros usos. Tal es el caso, por ejemplo, de preservar un área boscosa en vez de usarla para fines ganaderos. Los ingresos que se dejan de percibir en la actividad ganadera representan, en este caso, el costo de oportunidad del bosque. Así, en vez de valorar directamente los beneficios del bosque, se estiman los ingresos dejados de ganar por preservar el área, con lo cual se puede asignar un valor a esa alternativa de uso. El costo de oportunidad es considerado entonces como el costo de la preservación (Barrantes & Castro, 2002).

Ejemplos de trabajos latinoamericanos que han abordado este enfoque para la valoración del servicio hídrico de los bosques son el de Cordero-Camacho (2001), quien desarrolló un esquema de cobro y pago por servicio ambiental hídrico en la provincia de Heredia, Costa Rica; el de Hernández, Cobos y Ortiz (2002), quienes desarrollaron una valoración ambiental de la regulación hídrica en la Reserva de la Biosfera la Sierra en Guatemala; el de Barzev (2004), quien hizo una valoración económica de la oferta y demanda hídrica de la fuente en donde nace el río Chiquito, en Honduras, y el de Bastidas (2009), quien hizo una valoración económica de la regulación hídrica del bosque en una cuenca del río Gaucha, en Colombia. En el caso de México, se registra una escasa publicación de trabajos sobre este tema, pero se recupera el de la delegación de Semarnat en Querétaro, que se enfocó en hacer un estudio prospectivo en los municipios de Landa de Matamoros y Amealco en 2002 (Fregoso, 2006); el de Coila (2005), sobre la valoración económica del servicio ambiental hídrico de los bosques de la subcuenca del río Santa Catarina, y el de Silva-Flores *et al.* (2010), con el mismo propósito, en El Salto, Pueblo Nuevo, Durango.

En tal contexto, el objetivo de este trabajo es construir una tarifa hídrica que pueda ser

aplicada a los usuarios del agua, con el fin de recuperar el monto equivalente que se ganaría con la principal actividad productiva que compite con la conservación del bosque, y usarla como compensación para que se deje de practicar. De esta manera, se avanza sobre el posible empleo de un instrumento financiero en la gestión integral del agua en la cuenca del río Pixquiac, tal y como se propone en el “enfoque suave” de la gestión del agua propuesto por Brandes, Ferguson, M’gonigle y Sandborn (2005).

El área de estudio

La cuenca del río Pixquiac se encuentra en el estado de Veracruz, México. Se ubica al oeste de la ciudad de Xalapa y al noroeste de Coatepec, entre las coordenadas UTM 2148010.5 y 2164990.5 latitud norte, y 694007.18 y 72049.18 longitud oeste. La variación altitudinal va desde los 1 040 hasta los 3 800 msnm (ver figura 1). Desde el punto de vista hidrológico, esta cuenca pertenece a la región hidrológica número 28 del río Papaloapan y forma parte de la cuenca río Lerma La Antigua (Manson, 2007). La cuenca del río Pixquiac tiene una superficie aproximada de 10 303.53 hectáreas y una longitud de 30.72 km. Comprende parte de los municipios de Acajete (11.64%), Coatepec (1.25%), Las Vigas de Ramírez (48.75%), Tlanehuayocan (6.52%), Perote (28.02%) y Xico (3.79%).

El área de interés para la realización del presente estudio se ubica en la parte alta de la cuenca, cuya superficie asciende a unas 7 371.99 hectáreas. La cuenca alta corresponde a las áreas montañosas o cabeceras de los cerros, limitados en su parte superior por las líneas divisorias de aguas. Es llamada también zona de cabecera donde nacen las corrientes hidrológicas y su función principal es la captación de agua (Paldeyra, 2003, citado en García, Martínez, & Vidriales, 2008), de aquí que el presente estudio se restrinja a esta zona.

Por su localización, esta cuenca se encuentra catalogada como una de las fuentes

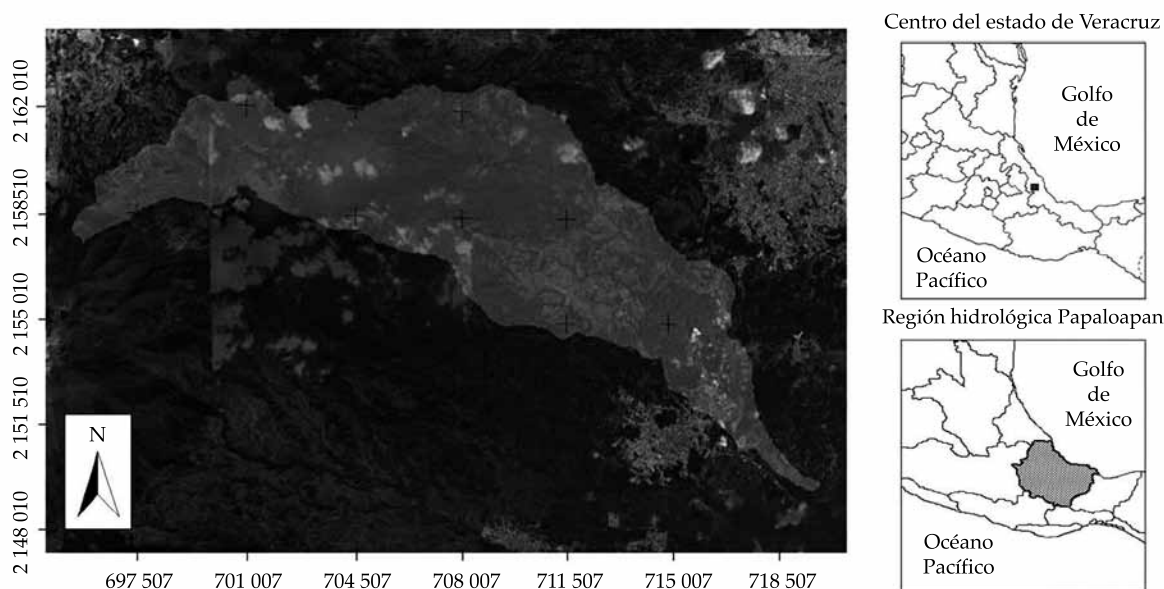


Figura 1. Ubicación geográfica de la cuenca del río Pixquiac.

de abastecimiento de agua más importantes para la región de Xalapa y sus alrededores, además de ser un sistema hidrológico cuyo potencial puede ser inagotable si se le procura el cuidado y manejo adecuados. Es por eso que la conservación de su parte alta cobra especial importancia y justifica estudios como éste. Además, vale la pena mencionar que el sitio alberga una gran variedad de flora y fauna, constituyendo uno de los entornos ecológicos más significativos de la región, lo cual refuerza el interés por dicho sitio (García-Calva, 2010).

Metodología

Desde la perspectiva del proceso de diseño y puesta en práctica de sistemas de pago por servicios de agua, este estudio de caso se concentró en los dos primeros aspectos propuestos por Pagiola (2002): la identificación y cuantificación de los servicios hídricos que genera el bosque de la cuenca alta del río Pixquiac y el cálculo del cargo que debe cobrarse a los usuarios del agua después de internalizar la dimensión ambiental.

Desde el punto de vista metodológico, el primer aspecto se abordó tomando como referencia el modelo de Barrantes y Castro (2002) para la valoración del recurso hídrico proporcionado por los bosques, el cual está basado en el costo de oportunidad del uso del suelo. Este modelo considera que dicha valoración (VB) debe incluir dos rubros: el valor o costo de captación de agua de los bosques (VC) y el valor o costo de recuperación de suelos dedicados a la ganadería o descubiertos (VR). Es decir:

$$VB = VC + VR \quad (1)$$

El costo de captación VC en $[\$/m^3]$ se calcula de la siguiente manera:

$$VC = \frac{\alpha B A b}{O_c} (1 + \beta) \quad (2)$$

Donde α es la importancia relativa del bosque en función del recurso hídrico que provee (valor adimensional entre 0 = sin importancia y 1 = máxima importancia); B es

el costo de oportunidad del bosque *versus* la ganadería [\$/ (ha x año)]; Ab es el área cubierta por bosque en el área de estudio (ha); Oc es el volumen de agua captada por el área boscosa dentro de la región de estudio ($m^3/año$), y β es la valoración de la calidad del agua de escorrentía captada por dicho bosque (valor adimensional entre 0 = muy mala y 1 = muy buena).

El costo de recuperación VR en [\$/ m^3] es igual a:

$$VR = \frac{\alpha CAr}{Oc} \quad (3)$$

Donde α es la importancia relativa del bosque en función del recurso hídrico que provee (valor adimensional entre 0 = sin importancia y 1 = máxima importancia); C es el costo para la actividad destinada a la recuperación del bosque dentro del área de estudio [\$/ (ha x año)]; Ar es la superficie a recuperar en el área de estudio (ha); Oc es el volumen de agua captada por el área boscosa dentro de la región de estudio ($m^3/año$).

La metodología de Barrantes y Castro (2002) considera un periodo de cinco años para el establecimiento y manejo inicial de los bosques. Siguiendo las recomendaciones de Silva-Flores *et al.* (2010), para este estudio se consideró un horizonte de 10 años, incluido su establecimiento, para estimar el valor de recuperación total.

El área ocupada por suelo forestal y la superficie a recuperar se calcularon a partir de la elaboración de un mapa de vegetación y uso de suelo, utilizando tecnologías de percepción remota y sistemas de información geográfica.

La importancia del bosque en función del recurso hídrico se determinó mediante la aplicación de una encuesta a un total de 60 titulares de tomas domésticas que se abastecen del agua que provee el área de estudio, quienes opinaron sobre la relevancia del bosque para captar agua, así como sobre la calidad de agua recibida. La encuesta se aplicó bajo un esquema de muestreo estratificado y considerando preguntas cerradas. El tamaño de la muestra

obedeció al alcance del criterio de saturación de las respuestas (Serbia, 2007). Las respuestas de los encuestados sobre estos dos aspectos fueron medidas con una escala que va del 1 al 10 y se integraron, respectivamente, mediante el cálculo de la media. Por último, los valores promedio (α y β) se normalizaron para obtener cifras entre 0 y 1.

Por otro lado, se identificó a la ganadería como la actividad responsable del cambio de uso de suelo de bosque a pasto (INEGI, 2012). Siguiendo la sugerencia del INE (2002), el costo de oportunidad de la actividad ganadera se calculó como la rentabilidad de la actividad pecuaria a partir de la producción de carne en canal en vez de la producción ganadera. Esto debido a que es posible asumir que los rendimientos de la carne vendida en canal incluyen (descontados) los costos de producción por unidad animal. Es preciso mencionar que las dos grandes fuentes de producción de carne en canal del estado de Veracruz son las de ganado bovino y ovino (INEGI, 2012), razón por la cual se tomaron en cuenta ambos valores de producción.

El método consistió en extraer de las fuentes documentales de INEGI los valores de la producción de carne en canal tanto de bovinos (VPB) como de ovinos (VPO), para cada uno de los municipios que confluyen en el área de estudio, así como la superficie dedicada a la ganadería en cada uno de ellos (SG). Se calcularon también, a partir de la información de sensores remotos, las superficies de cada municipio que, estando dentro del área de estudio, se dedicaban a la agricultura (SAEG). Después se sumaron, para cada municipio, los valores de la producción de carne en canal de ambos tipos de ganado, para obtener el valor acumulado de esta variable (VAP). Estos valores acumulados se dividieron, respectivamente, entre la superficie municipal dedicada a la agricultura, para con ello obtener el valor del rendimiento de la producción por municipio (RP). Como la información de INEGI es agregada por municipio y se requería tener un valor representativo del costo de

oportunidad para toda el área de estudio, se calculó la media del rendimiento de la producción por municipio, ponderado por la superficie municipal que, perteneciendo al área de estudio, se dedicaba a la ganadería.

Siguiendo las recomendaciones de Silva-Flores *et al.* (2010), el volumen de agua captada por los bosques insertos en el área de estudio se estimó multiplicando la captación neta en la cuenca por un factor de ajuste que resulta de dividir la superficie boscosa del área de estudio entre la superficie de la cuenca. El valor de la captación neta anual se tomó del trabajo desarrollado por García *et al.* (2008), como parte del estudio integral de esta cuenca.

Finalmente, para llevar a cabo el cálculo de las nuevas tarifas, se obtuvo el monto del cobro actual por el servicio de agua potable en la zona de estudio y se sumó el valor del recurso hídrico proporcionado por los bosques (VB) a dicha tarifa.

Resultados

La cobertura del suelo

El mapa de uso de suelos y vegetación producido incluyó cinco categorías: 1) áreas de cultivo; 2) pastizal; 3) suelo descubierto; 4) bosque de coníferas; 5) bosque de pino-encino. Dado que la parte boscosa media-alta de la cuenca constituye el área de interés desde el punto de vista hidrológico, el mapa de cobertura y uso de suelo que abarcaba originalmente toda la cuenca se recortó a partir de los 2 100 msnm hacia arriba. El área correspondiente a cada uno de estas coberturas se muestra en el cuadro 1. Como puede observarse, la cobertura más abundante corresponde a la del bosque de coníferas, con 2 846.7 ha, equivalente al 71.8% del área de estudio. En contraste, la menos abundante es la de bosque de pino-encino, con una cobertura del 1.15% del área de estudio, lo que equivale a 45.72 hectáreas.

La superficie del bosque de coníferas que resulta de este cálculo, más la correspondiente a la categoría bosque de pino-encino (2 982.42

Cuadro 1. Cobertura para cada categoría de uso de suelo (ha).

Uso de suelo	Cobertura (ha)
Áreas de cultivo	199.17
Pastizal	271.26
Suelo descubierto	601.38
Bosque de coníferas	2 846.70
Bosque de pino-encino	45.72
Total	3 964.23

Fuente: elaboración propia.

ha), fue la que se tomó como referencia para calcular el valor de captación de agua por parte del bosque. En el caso del valor de recuperación, la superficie que se tomó como área a recuperar fue el resultado de la suma de las superficies de los pastizales y de suelo descubierto (872.64 ha).

El volumen de captación de agua

De acuerdo con García *et al.* (2008) y Ballesteros (2010), la captación neta de la cuenca asciende a 145 430 260 (m³/año). La proporción de área boscosa en el área de estudio, con respecto al total del área de la cuenca fue de $0.29 = 2\,982.42/10\,303.53$, por lo que la cantidad de agua que capta el bosque en cuestión es de $42\,174\,775.4 \text{ (m}^3/\text{año)} = 145\,430\,260.0 * 0.29$.

Estimación del índice de importancia que los usuarios le otorgan al bosque, relacionado en función de la captación y calidad del agua

Los resultados indican que 79.17% de los encuestados le asigna una calificación de 10 a la importancia del bosque en función del recurso hídrico, mientras que el 20.80% le asigna el valor de 9. De acuerdo con las recomendaciones de Cochran (1977), se calculó la media de las calificaciones como medida representativa de los datos y, normalizándola, se determinó que el valor de este servicio para los usuarios es de 0.97. Este porcentaje representa la porción del costo de oportunidad que debe ser compensado por los usuarios del agua a los propietarios de la

tierra que se involucren en tareas de protección y recuperación del bosque. La otra proporción (0.021), se puede atribuir a otros servicios del bosque, como recreación o fijación de carbono. En el caso del valor que los usuarios le dan a la calidad del agua de escorrentía, los valores indican que el 12.5% de los encuestados le asigna un valor de 6 a la calidad del agua, el 16.6% un valor de 8, el 25% un valor de 9 y el 48.5% una calificación de 10. En síntesis, la calificación promedio que los usuarios le dan a la calidad del agua de escorrentía fue de 0.89.

Estimación del costo de oportunidad del bosque versus la actividad ganadera

Los resultados obtenidos para la estimación del costo de oportunidad, así como los datos que se utilizaron para calcularlo, se muestran en el cuadro 2. Como se observa en este cuadro, el costo de oportunidad del uso de suelo forestal asciende a 2 059.76 \$/ (ha x año).

Estimación de los costos por actividades de restauración y reforestación para la rehabilitación de la cuenca

Como se ilustra en el cuadro 3, el costo total de esta actividad es de \$17 300.56/ha para un ecosistema templado frío de acuerdo con los datos establecidos por la Comisión Nacional Forestal (DOF, 2011) y su ajuste, considerando un 4.05% de inflación. El egreso en el primer año asciende a 84.69% del total, equivalente a \$14 652.1/ha. En los nueve años subsecuentes, los costos se reducen a un monto fijo de \$2 648.44/ha, asociado con el mantenimiento de la superficie forestal.

Cálculo de los valores de captación y recuperación en la cuenca

Sustituyendo valores en la ecuación (2), se tiene que el valor de captación asciende a \$0.266/m³, como se ilustra a continuación:

$$VC = \left(\frac{(0.97)(2\,059.76)(2\,982.42)}{42\,174\,775.4} \right) * (1 + 0.89) = 0.266$$

Haciendo sustitución de valores en la ecuación (3), se tiene que el valor de recuperación para el primer año es de \$0.294/m³, mientras que para los años 2 a 10 asciende a sólo \$0.053/m³, tal y como se muestra en seguida:

$$VR[1] = \left(\frac{(0.97)(14\,652.1)(872.64)}{42\,174\,775.4} \right) = 0.294$$

$$VR[2-10] = \left(\frac{(0.97)(2\,648.44)(872.64)}{42\,174\,775.4} \right) = 0.053$$

Utilizando la ecuación (1) y sustituyendo valores, se tiene que el valor del bosque en el primer año suma \$0.560/m³ y para los siguientes nueve años \$0.319/m³, tal como se muestra en las siguientes ecuaciones:

$$VB[1] = VC + VR[1] = 0.266 + 0.294 = 0.560 \text{ $/m}^3$$

$$VB[2-10] = VC + VR[2-10] = 0.266 + 0.053 = 0.319 \text{ $/m}^3$$

Tarifa hídrica ajustada ambientalmente

El nuevo modelo tarifario propuesto se muestra en los cuadros 4 y 5, en los cuales se contrastan los valores de las tarifas cobradas actualmente y las tarifas que se sugieren después de aplicar el valor del bosque para el primer año y los nueve siguientes. La nueva tarifa se ajusta de acuerdo con el rango de consumo, siguiendo el criterio que el organismo operador del agua aplica para cobrar el uso del recurso.

Esta tarifa hídrica ajustada ambientalmente constituye el mecanismo con el que se cobraría a los usuarios para compensar a los dueños de la tierra para que se responsabilicen de proteger y recuperar el bosque, para que cumpla con sus funciones hídricas. De esta manera se considera al bosque como un productor de servicios ambientales, cuya rentabilidad puede ser igual

Cuadro 2. Estimación del costo de oportunidad del uso de suelo forestal.

Chávez-Cortés y Mancilla-Hernández, Esquema de cobro del servicio hidrológico que provee la cuenca alta del Pixquiac

Municipio	Valor de la producción de carne en canal de bovinos VPB \$/año	Valor de la producción de carne en canal de ovinos VPO \$/año	Valor acumulado de la producción de carne en canal VPB + VPO \$/año	Superficie dedicada a la ganadería SG ha	Rendimiento de la producción de carne en canal $RP = (VPB + VPO) / SG$ \$/año x ha	Superficie municipal que pertenece al área de estudio y que está dedicada a la ganadería (SMAEG) ha	$(RP \times SMAEG)$ \$/año	Promedio ponderado del rendimiento de la producción o costo de oportunidad (total de $RP \times SMAEG$) \$/año x ha
Acajete	13 502 000	1 224 000	14 726 000	2 990	4 925.08	1 019.59	5 021 562.31	
Coatepec	7 863 000	1 709 000	9 572 000	3 647	2 624.62	1 714.09	4 498 834.89	
Las Vigas de Ramírez	9 811 000	899 000	10 710 000	1 168	9 169.52	1.168	10 709.99	10 425 617.55 / 5 061.55
Perote	2 974 000	4 084 000	7 058 000	20 862	338.31	2 211.37	748 128.58	
Tlalnehuayocan	0	892 000	892 000	511	1 745.59	35.25	61 532.04	
Xico	4 327 000	4 158 000	8 485 000	8 009	1 059.43	80.09	84 849.74	
Totales							10 425 617.55	2 059.76

Fuente: elaboración propia a partir de datos de INEGI (2012).

Cuadro 3. Costo de referencia para la reforestación o restauración y su mantenimiento.

Tipo de actividad	Unidad de medida	Costo (\$)
Costo por restauración de suelos	Hectárea	9 669.15
Costo por reforestación	Hectárea	4 982.95
Costo por mantenimiento	Hectárea	2 648.44
Costo total	Hectárea	17 300.56

Fuente: elaboración propia a partir de los datos del DOF (2011).

Cuadro 4. Tarifas del servicio de agua potable (2013) y su comparación con las tarifas que incluyen el valor del bosque (VB), correspondientes al primer año.

Rango de consumo en m³/mes	Popular sin el VB incluido	Popular con el VB incluido	Interés social sin el VB incluido	Interés social con el VB incluido	Doméstico medio sin el VB incluido	Doméstico medio con el VB incluido	Residencial sin el VB incluido	Residencial con el VB incluido
(0-10)	46.71	46.71	66.80	66.8	84.69	84.69	100.12	100.12
(11-20)	4.70	5.26	6.72	7.28	9.03	9.59	10.90	11.46
(21-30)	5.25	5.81	7.02	7.58	9.24	9.8	11.22	11.78
(31-40)	5.39	5.95	7.41	7.97	9.53	10.09	11.58	12.14
(41-60)	5.76	6.32	7.71	8.27	10.03	10.59	12.24	12.8
(61-80)	6.11	6.67	8.97	9.53	10.70	11.26	12.99	13.55
(81-100)	6.47	7.03	9.61	10.17	11.98	12.54	14.63	15.19
(101-120)	7.35	7.91	9.85	10.41	12.34	12.9	15.08	15.64
(121-150)	7.90	8.46	10.73	11.29	13.33	13.89	16.27	16.83
(151-200)	8.93	9.49	11.98	12.54	14.98	15.54	18.23	18.79

Fuente: elaboración propia a partir de datos de la Comisión Municipal de Agua Potable y Saneamiento de Xalapa (2013). Las celdas en gris oscuro representan la tarifa base para cada tipo de usuario, considerando un consumo máximo de 10 m³. El resto de las casillas se refiere al costo del consumo extra expresado en (\$/m³), cuyo valor se ajusta de acuerdo con el rango de consumo y tipo de usuario.

Cuadro 5. Tarifas del servicio de agua potable (2013) y su comparación con las tarifas que incluyen el valor del bosque (VB), correspondiente a los años 2 a 10.

Rango de consumo en m³/mes	Popular sin el VB incluido	Popular con el VB incluido	Interés social sin el VB incluido	Interés social con el VB incluido	Doméstico medio sin el VB incluido	Doméstico medio con el VB incluido	Residencial sin el VB incluido	Residencial con el VB incluido
(0-10)	46.71	46.71	66.80	66.8	84.69	84.69	100.12	100.12
(11-20)	4.70	5.019	6.72	7.03	9.03	9.34	10.90	11.21
(21-30)	5.25	5.569	7.02	7.33	9.24	9.55	11.22	11.53
(31-40)	5.39	5.709	7.41	7.72	9.53	9.84	11.58	11.89
(41-60)	5.76	6.079	7.71	8.029	10.03	10.34	12.24	12.55
(61-80)	6.11	6.429	8.97	9.28	10.70	11.01	12.99	13.30
(81-100)	6.47	6.789	9.61	9.92	11.98	12.29	14.63	14.94
(101-120)	7.35	7.669	9.85	10.16	12.34	12.65	15.08	15.39
(121-150)	7.90	8.219	10.73	11.04	13.33	13.64	16.27	16.58
(151-200)	8.93	9.249	11.98	12.29	14.98	15.29	18.23	18.54

Fuente: elaboración propia a partir de datos de la Comisión Municipal de Agua Potable y Saneamiento de Xalapa (2013). Las celdas en gris oscuro representan la tarifa base para cada tipo de usuario, considerando un consumo máximo de 10 m³. El resto de las casillas se refiere al costo del consumo extra expresado en (\$/m³), cuyo valor se ajusta de acuerdo con el rango de consumo y tipo de usuario.

o más atractiva que la de los usos tradicionales del suelo, como el ganadero, en el caso que nos ocupa.

Discusión

Para tener una idea del impacto económico de la tarifa ajustada ambientalmente sobre el ingreso familiar, se hizo una comparación entre el pago actual y el pago sugerido. Para contextualizar esta comparación se obtuvo el monto actual del salario mínimo en la zona de estudio, así como la distribución de salarios por estrato social.

De acuerdo con datos para 2013 de la Comisión Nacional de Salarios Mínimos, la zona de estudio se encuentra en el área geográfica "B", donde el valor de un salario mínimo diario es de \$61.38 (\$1 841.40 mensual) (STPS-Conasami, 2013). Por otro lado, la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (STPS-INEGI, 2013) indica que el estrato social alto percibe más de cinco salarios mínimos (más de \$9 207.00 al mes), la clase media entre dos y cinco salarios mínimos (de \$3 682.00 a \$9 207.00 al mes), y el estrato social bajo percibe de cero hasta dos salarios mínimos (de \$0.00 a \$3 682.00).

Tomando como referencia esta información y los datos sobre dotaciones de agua de Ochoa, Rodríguez y Delgado (1993), podemos decir que, en el caso del estrato social bajo, al cual se le adjudica un consumo de agua que oscila entre los 70 y 172 m³ al año, el pago sugerido siempre es menor al 3.8% del salario anual, equivalente a \$833.76/año; para la clase media, a la cual se le adjudica un consumo entre los 182 y 355 m³ al año, la tarifa anual máxima significa menos del 7.5% del ingreso anual (\$3 269.52); mientras que para el estrato alto, el cual consume entre 273 y 456 m³, no supera el 4.8% del ingreso anual, equivalente a \$5 280.48/año. Esto implica pagar un máximo de \$2.28 por un consumo diario de 471.23 litros por toma para el estrato popular, un máximo de \$8.95 al día consumiendo 972.6 litros por toma para el estrato doméstico medio, y un

máximo de \$14.46 diarios consumiendo 1 249.31 litros por toma en el caso del estrato medio-alto (residencial). Este análisis sugiere que, en principio, la tarifa sería asequible para todos aquellos que por lo menos ganan un salario mínimo, considerando, por ejemplo, lo que se puede gastar diariamente en bebidas embotelladas (un refresco de 600 ml tiene un costo de \$9.00 (Anguiano & Mendoza, 2013) y una botella de agua de 1 000 ml cuesta alrededor de \$10.00). Estos resultados sugieren que el impacto al consumidor del recurso, generado por los nuevos componentes ambientales, es relativamente bajo, contrario al supuesto común de que elevan de modo significativo los montos de las tarifas, restando con ello competitividad a los instrumentos económicos, para favorecer la conservación de los servicios ecosistémicos (Bastidas, 2009).

No obstante, en el caso que nos ocupa, es importante apuntar que si bien el aumento en relación con el porcentaje de ingresos mensuales más considerable no se da en el estrato bajo, se debe tener en mente que dichos ingresos podrían estar muy por debajo del salario mínimo, circunstancia por la cual la disponibilidad de pago podría ser negativa y con razón. Bajo este panorama y desde la perspectiva de la sustentabilidad, deberá tener prioridad sobre el establecimiento de una tarifa, que el gobierno garantice a los usuarios el suministro necesario para satisfacer las necesidades mínimas de supervivencia, establecida en 50 l/hab/día (Glieck, 2001). Esto es de suma importancia, dado que, citando a Tello (2006): "el acceso al agua potable se traduce en aspectos fundamentales para la vida y en factores indispensables en el ámbito del desarrollo social, ya que implica notables mejorías en las condiciones de vida de las personas, que se advierten en los ámbitos económico, social y cultural".

Por otro lado, aunque la incorporación del valor del bosque a la tarifa pueda significar un adelanto para la valoración de los servicios ecosistémicos y su mantenimiento, se observó que el esquema de tarifas utilizado por el

organismo operador del agua requiere un ajuste. Esto en virtud de que, haciendo un experimento, suponiendo un consumo de 355 m³/año tanto para usuarios del tipo doméstico medio como residencial, se encontró que a los primeros les cuesta más, en relación con su salario, consumir esa cantidad de agua que a los segundos (3 y 2.95%, respectivamente). Y esto considerando tan sólo la posibilidad de que el usuario residencial ganara un salario mínimo más que la categoría superior del salario de un usuario doméstico medio. Cuando se consideraron dos salarios mínimos por arriba, el porcentaje para el usuario residencial disminuyó a 2.5%. Esto nos alerta sobre las limitantes de usar como base del cobro de los servicios hídrológicos del bosque el esquema tarifario del organismo operador. También sobre la importancia de cuidar los aspectos de equidad en el establecimiento y cobro de tarifas (Brandes *et al.*, 2005).

En este sentido, es necesario resaltar que la aplicabilidad de la tarifa dependerá de la voluntad de pago de los usuarios del agua y de su nivel de ingresos. De aquí se deriva la necesidad de complementar esta investigación con un estudio de valoración contingente, en la cual se determine el monto que los usuarios estarían dispuestos a pagar por seguir contando con agua suficiente en calidad y cantidad para satisfacer sus necesidades reales (Barrantes & Castro, 2002). Al respecto, dos estudios que han abordado en el contexto nacional la disposición a pagar (DAP) por los servicios hidrológicos que aportan los bosques muestran un marcado contraste en las cantidades reveladas. En un caso, los usuarios están dispuestos a pagar \$29.76/año (López-Paniagua, 2007) y, en el otro, \$216.16/año (Silva-Flores, 2010). Para el caso de los usuarios del agua en la cuenca del Pixquiac, la primera es una cantidad que, de aceptarse como viable, sería muy cercana a la que se requeriría que el estrato popular pagase anualmente en el caso del consumo mínimo para mantener a la cuenca como captadora y almacenadora de agua, situación que la vuelve insuficiente, considerando que el nivel

de consumo popular no refleja el consumo real del agua en la cuenca. En contraste, la segunda cantidad sería más que suficiente para compensar a los propietarios y evitar el cambio de uso de suelo forestal. Sin embargo, esto implicaría cobrarles a los usuarios domésticos, sin distinción, un consumo muy por arriba del que en realidad hacen, agravándose la situación en los estratos populares. Es claro entonces que debe tenerse mucho cuidado en querer extrapolar los resultados de otros estudios a los lugares o regiones, ya que provienen de características biofísicas, sociales y económicas específicas de un área de estudio. No obstante, es importante continuar con este tipo de investigaciones en el país si se quiere seguir fomentando la estrategia del PSA para desestimular el fenómeno de la deforestación y, en consecuencia, mejorar las capacidades de la regulación hidrológica de nuestras cuencas (Silva-Flores *et al.*, 2010).

El contraste entre la tarifa que se derivó de este estudio y el monto que los usuarios estuvieran dispuestos a pagar podría conducir a una decisión de compromiso entre ambas cantidades, con la idea de ir introduciendo estos mecanismos de manera paulatina, para ir creando una cultura de pago por los servicios que brinda el bosque. Ante esta perspectiva, habría que cuidar además que el mecanismo de cobro de la tarifa y el destino final de lo recaudado esté bajo un esquema de transparencia y efectividad; de no ser así, la política se volvería inútil (Merino, 2005). No hay que perder de vista tampoco que la voluntad de pago estará ligada con la oportunidad — en tiempo y forma— y calidad con que los usuarios reciban el recurso. De aquí que se deba continuar con las soluciones de infraestructura para la distribución oportuna en tiempo y forma, como un mecanismo complementario a los de índole financiera para la gestión del agua (Brandes *et al.*, 2005; Marañón-Herrera, Chávez-Cortés, Martínez-Espinosa, & Ruelas-Monjardin, 2008).

Por otro lado, es evidente que el precio del mercado de la actividad que compite con la conservación del bosque es un factor

determinante en la factibilidad de la aplicación de una tarifa hídrica, ya que no es lo mismo el rendimiento de la actividad forestal que el de la agrícola, por poner un ejemplo. En circunstancias como ésta, sería necesario complementar el nivel de ingresos de los poseedores del bosque más allá del cobro de tarifas, tal vez a través de la actividad cinegética o del turismo en contacto con la naturaleza, en la cual el bosque actúa como soporte para el hábitat de especies y para los servicios ecosistémicos ligados con la recreación, educación y cultura. Otras alternativas serían complementar los ingresos de los propietarios de los bosques a través del manejo forestal comunitario (MFC) (Merino, 2005) y los programas de servicios ambientales, como captura de carbono, producción de agua y conservación de la biodiversidad propuestos por el Estado (Silva-Flores, 2010).

Desde el punto de vista metodológico, es claro que el instrumento utilizado, por estar basado en el costo de oportunidad y valores revelados, acusa una alta dependencia de la dinámica del mercado y de la opinión de un colectivo. De ahí que la reproductibilidad de la medida calculada aquí no aplique para contextos diferentes: lugar, tiempo, condiciones, tipo y número de usuarios, por lo cual deberá ser tomada con cautela. No obstante, conserva su valor, ya que permite al menos lograr unos valores aproximativos que hacen visible la utilidad económica del patrimonio forestal de la cuenca alta como un medio para buscar su sostenibilidad a largo plazo (Aguilera, 2006). Asimismo, los valores del bosque obtenidos constituyen una primera aproximación y pueden ser utilizados como referencia para futuros análisis de este tipo en la cuenca del Pixquiac.

Finalmente, a partir de este trabajo de investigación, se hace evidente la necesidad e importancia que el recurso agua tiene para los usuarios de la cuenca del río Pixquiac y, por ende, de la relevancia que implica la elaboración y aplicación de políticas de gestión ambiental, en especial de políticas de gestión hídrica. Para ello, es necesario que exista un

compromiso real, así como un vínculo entre las autoridades ambientales estatales y los diferentes actores sociales (Brandes *et al.*, 2005). De forma complementaria, se requiere de un amplio esfuerzo por parte de ambas partes para destacar la importancia de la educación y sensibilización de la población en materia del manejo del agua, así como de los recursos naturales de la zona en que habitan (López-Paniagua, 2007).

Conclusiones

Se cumplió con el objetivo general de la investigación, el cual consistía en construir una tarifa hídrica que pudiera ser aplicada a los usuarios domésticos del agua, con el fin de recuperar el monto equivalente que se ganaría con la principal actividad productiva que compite con la conservación del bosque y usarla como compensación para que se deje de practicar.

El precio del mercado de la actividad que compite con la conservación del bosque es un factor determinante en la factibilidad de la aplicación de una tarifa hídrica, por lo que es importante considerar en la propuesta de manejo otras actividades que completen los ingresos de los dueños de los bosques.

Estudios de esta índole deberán complementarse con otros de valoración contingente para atender la viabilidad de la aplicación de la tarifa hídrica. Debe resaltarse además que es necesario continuar este tipo de estudios para analizar e incorporar a la construcción de una tarifa otros servicios aportados por el bosque.

Es sabido que la aplicación repentina y estandarizada de reglas para motivar un cambio en los patrones de comportamiento de las personas no es aceptada, lo cual puede llevar al fracaso de las iniciativas. Es por ello que en este caso es importante considerar la conveniencia de la aplicación paulatina y ajustada de una tarifa hídrica. Asimismo, la transparencia en la recolección y aplicación de fondos será vital para el éxito de cualquier política de pago por servicios ambientales.

Las experiencias obtenidas de las investigaciones realizadas en Costa Rica y en otras zonas han demostrado que los PSA han ejercido un papel importante en la conservación de ecosistemas y han logrado detener su degradación. Es así como la adaptabilidad del sistema a diferentes contextos y servicios ambientales hacen que los programas de PSA puedan ser aplicados a una gran cantidad de situaciones en todo el país. En este sentido, se espera que los resultados de esta investigación sirvan de base para discusiones en materia de conservación de bosques y el mantenimiento de los servicios ambientales que éstos proveen.

Agradecimientos

Agradecemos a los revisores sus valiosos comentarios y sugerencias para mejorar este documento.

Referencias

- Aguilera, U. D. (2006). El valor económico del medio ambiente. *Ecosistemas*, 15(2), 66-71.
- Anguiano, D., & Mendoza, A. (2013). *Suben el precio de los refrescos de Coca-Cola* [en línea]. Ciudad de México. Milenio-Negocios. Consultado el 26/05/2013. Recuperado de <http://monterrey.milenio.com/cdb/doc/noticias2011/607e5689c02bb47f9d4ecb72088b911f>.
- Ballesteros, P. E. (2010). *Balance hídrico preliminar de la microcuenca del río Pixquiac* (46 pp.). Tesis para obtener la Especialidad en Diagnóstico y Gestión Ambiental. Veracruz, México: Universidad Veracruzana.
- Barrantes, G., & Castro, E. (2002). Experiencias replicables de valoración económica de bienes y servicios ambientales y establecimiento de sistemas de pago por servicios ambientales. Implementación de un esquema de cobro y pago por servicio ambiental hídrico: el caso de la empresa de servicios públicos de Heredia S.A. En R. Barsev (Ed.). *Guía metodológica para la valoración de bienes, servicios e impactos ambientales. Un aporte para la gestión de ecosistemas y recursos naturales en el CBM. Serie Técnica 04* (pp. 108-112) Managua, Nicaragua: Corredor Biológico Mesoamericano-CCAD-PNUM/GED.
- Barzev, R. (2004). *Estudio de la valoración económica de la oferta y demanda hídrica del bosque en que nace la fuente del río Chiquito (Finca El Cacao-Achuapa), Nicaragua-Implementación de mecanismos de pagos por servicios hídricos* [en línea]. Managua, Nicaragua. Pasolac. consultado el 10/10/2013. Recuperado de http://201.116.60.96:8080/wb/ceaaa/ficha_de_estudio_economico?id=298.
- Bastidas, P. D. (2009). *Valoración económica del servicio ambiental de regulación hídrica del bosque de roble en la cuenca del río Guacha, Encino-Santander, Colombia* (85 pp.). Tesis para obtener el grado de maestro. Asunción, Paraguay: Universidad Nacional de Asunción.
- Brandes, O. M., Ferguson, K., M'gonigle, M., & Sandborn, C. (2005). *At a Watershed: Ecological Governance and Sustainable Water Management in Canada* [en línea]. Victoria, Canada. The POLIS Project on Ecological Governance, University of Victoria. Consultada el 30/08/2013. Recuperado de <https://www.google.com/#q=at+a+watershed>.
- Cochran, W. (1977). *Sampling Techniques*. Third Edition (150 pp.) New York, USA: John Wiley and Sons.
- Coila, Y. (2005). *Valoración económica del servicio ambiental hídrico de los bosques de la subcuenca del río Santa Catarina, México* [en línea]. Boletín de la Fundación Equitas, Santiago, Chile. MERCOSUR/GMCRES N° 80/962005. Consultado el 30/09/2013. Recuperado de www.boletin.fundacionequitas.org/11/11.13.htm.
- Contreras, T. C., & Solano, C. F. A. (2010). *Caracterización del agua pluvial en el periodo de verano para su uso doméstico en Xalapa, Veracruz* (71 pp.). Tesis para obtener el grado de especialista en Diagnóstico y Gestión Ambiental. Xalapa, México: Universidad Veracruzana.
- Comisión Municipal de Agua Potable y Saneamiento de Xalapa (2013). *Tarifas para el cobro de agua potable del mes de septiembre* [en línea]. Xalapa, México. CMAS. Consultado el 25/09/2013. Recuperado de www.aguaxalapa.gob.mx.
- Corbera, E., & González, C. (2007). *Pago por servicios ambientales en México: situación actual y objetivos de futuro* (95 pp.). Memoria del taller. México, DF: Instituto Nacional de Ecología.
- Corbera, S., González, S. C., & Brown, K. (2009). Institutional Dimensions of Payment for Ecosystem Services: An Analysis of México's Carbon Forestry Program. *Ecological Economics*, 68, 743-761.
- Cordero, D. (2003). *Lineamientos para la formulación de una estrategia para la sostenibilidad financiera del programa PROCUENCAS de la ESPH S.A. bajo un modelo de inversión ambiental compartida* (76 pp.). Heredia, Costa Rica: Escuela de Ciencias Forestales, Universidad Nacional.
- Cordero-Camacho, D. (2001). *PROCUENCAS, un esquema de cobro y pago por servicio ambiental hídrico en la Provincia de Heredia, Costa Rica* [en línea]. Heredia, Costa Rica. Empresa de Servicios Públicos de Heredia. Consultado el 2/09/2013. Recuperado de http://www.undp.org/cu/eventos/aprotegidas/Pago_Serv_Amb_Agua_D_Cordero_Heredia.pdf.
- Chávez, C. M. M. (2007). Usos y abusos del agua. *Ciencias*, 85, 30-36.
- Chávez, C. M. M., & Mancilla, H. K. E. (2013). El pago por servicios ambientales y la conservación de los bosques. *ContactoS*, 88, 27-35.

- DOF (febrero de 2011). *Acuerdo por el cual se emiten los costos de referencia para reforestación o restauración y su mantenimiento para compensación ambiental por cambio de uso de suelo en terrenos forestales y la metodología de su estimación*. México, DF: Diario Oficial de la Federación.
- Dixon, J., Scura, L. F., Carpenter, R. A., & Sherman, P. B. (1994). *Análisis económico de impactos ambientales* (249 pp.). Traducción de Tomás Saravi A. Segunda edición. Turrialba, Costa Rica: CATIE, Unidad de Producción de Medios.
- Emerton, L. & Bos, E. (2004). *Valor. Considerar a los ecosistemas como un componente económico de la infraestructura hídrica* (94 pp.). Traducción de José M. Blanch. San José, Costa Rica: UICN-ORMA.
- FAO (2004). *Payment Schemes for Environmental Services in Watersheds* [en línea]. Arequipa, Perú. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Land and Water Discussion Paper 3, Regional Forum. Consultado el 1/10/2013. Recuperado de ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/twdp3_es.pdf.
- FAO (2011). *Situación de los bosques del mundo 2011* (190 pp.). Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Fregoso, A. (2006). La oferta y el pago de los servicios ambientales hídricos: una comparación de diversos estudios. *Gaceta Ecológica*, 78, 29-46.
- García, C. I., Martínez, O. A., & Vidriales, C. G. (2008). *Balance hídrico de la cuenca del río Pixquiac*. (31 pp.). Documento Técnico del Proyecto NCMA 3-08-03. Delimitación de zonas prioritarias y evaluación de los mecanismos existentes para el pago de servicios ambientales hidrológicos en la cuenca del río Pixquiac, Veracruz, México. Xalapa, México: Senderos y Encuentros para un Desarrollo Autónomo Sustentable, A.C.
- García-Amado, L. R., Ruiz, P. M., Reyes, E. F., Barrasa, G. S., & Contreras, M. E. (2011). Efficiency of Payments for Environmental Services: Equity and Additionality in a Case Study from Biosphere Reserve in Chiapas, México. *Ecological Economics*, 70, 2361-2368.
- García-Calva, L. (2010). *Ordenamiento territorial de la subcuenca del río Pixquiac, Ver., a partir de la identificación de áreas ecológicamente sensibles* (110 pp.). Tesis para obtener el grado de Biólogo. México, DF: Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco.
- Glieck, P. H. (February, 2001). Safeguarding our Water. Making Every Drop Count. *Scientific American*, 284(2), 40-45.
- Hernández, O., Cobos, C., & Ortiz, A. (2002). *Valoración económica del servicio ambiental de regulación hídrica. Lado sur de la reserva de la Sierra de las Minas Guatemala* [en línea]. Guatemala, Guatemala: FIPA/AID-USAID. Consultado el 7/10/2013]. Recuperado de ftp://pdf.usaid.gov/pdf_docs/pnacx128.pdf.
- Higman, S., Bass, S., Judd, N., Mayers, J., & Nussbaum, R. (1999). *The Sustainable Forestry Handbook* (231 pp.). London: Earthscan.
- INE (2002). *Estimación del costo de oportunidad del uso de suelo forestal en ejidos a nivel nacional* (13 pp.). México, DF: Instituto Nacional de Ecología-Secretaría de Ecología, Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- INEGI (2012). *Anuario Estadístico Veracruz* (500 pp.). México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.
- Landell-Mills, N., & Porras, I. (2002). *Silver Bullets or Fools' Gold? A Global Review of Markets for Forest Environmental Services and their Impacts on the Poor. Instruments for Sustainable Private Sector Forestry Series* (75 pp.). London: International Institute for Environment and Development.
- López-Paniagua, C. (2007). *Estudio de mercado del servicio ambiental hidrológico en la cuenca de Tatalpa Jalisco* [en línea]. Tesis para obtener el grado de maestro. Texcoco, México. Colegio de Postgraduados (COLPOS). Consultado el 2/10/2013. Recuperado de <http://www.biblio.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/1606>.
- Manson, R. H. (2004). Los servicios hidrológicos y la conservación de los bosques en México. *Madera y Bosques*, 10(1), 3-20.
- Manson, H. R. (2007). *Efectos del uso de suelo sobre la provisión de servicios ambientales hidrológicos: monitoreo del impacto del pago por servicios ambientales hidrológicos (PSAH)* (14 pp.). México, DF: Instituto Nacional de Ecología-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Marañón-Herrera, S., Chávez-Cortés, J. M., Martínez-Espinosa, D., & Ruelas-Monjardín, L. C. (2008). Los modelos de manejo del agua y su influencia en las políticas de los procesos acuícolas. Estudio de caso. La piscicultura de ornato en el estado de Morelos, México. *Ingeniería hidráulica en México*, 23(4), 145-159.
- MEA (2007). *Millenium Ecosystem Assessment: A Toolkit for Understanding and Action. Protecting Nature's Services. Protecting Ourselves* (28 pp.). Washington. DC: Island Press.
- Merino, P. L. (enero-marzo, 2005). El desarrollo institucional de esquema de pago por servicios ambientales. *Gaceta Ecológica*, 74, 29-42.
- Munasinghe, M., & Lutz, E. (1993). Environmental Economics and Valuation in Development Decision Making. En M. Munasinghe (Ed.). *Environmental Economics and Natural Resource Management in Developing Countries* (560 pp.). Washington, DC: The World Bank.
- Muñoz-Piña, C., Guevara, A., Torres, J. M., & Braña, J. (2008). Paying for the Hydrological Services of Mexico's Forest: Analysis, Negotiations and Results. *Ecological Economics*, 65(4), 725-736.
- Ochoa, A. L., Rodríguez, V. M., & Delgado, B. A. (1993). *Análisis de la información del estudio de actualización de dotaciones del país* (20 pp.). Jiutepec, México: IMTA, 1983.

- Pagiola, S. (2002). Paying for Water Services in Central America: Learning from Costa Rica. En S. Pagiola, J., Bishop, & N. Landell-Mills (Eds.). *Selling Forest Environmental Services: Market-based Mechanisms for Conservation and Development* (pp. 40-63). London: Earthscan.
- Serbia, J. M. (2007). Diseño, muestreo y análisis en la investigación cualitativa. *Hologramática* (año 4), 3(7), 123-146.
- Ramírez-Chasco, F., Cabrejas-Palacios, J., Seco-Meneses, A., & Torres-Escribano, J. L. (2004). El valor ecológico de los medios fluviales urbanos. *Ingeniería hidráulica en México*, 19(4), 21-32.
- Semarnat (2006a). *Introducción a los servicios ambientales* (73 pp.). México, DF: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Semarnat (2006b). *El medio ambiente en México 2005: en resumen* (91 pp.). México, DF: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-United Nations Development Programme.
- Silva-Flores, R., Pérez-Verdín, G., & Navar-Cháidez, J. J. (2010). Valoración económica de los servicios ambientales hidrológicos en El Salto, Pueblo Nuevo, Durango. *Madera y Bosques*, 16(1), 31-49.
- STPS-Conasami (2013). *Nuevos salarios mínimos 2013, por área geográfica generales y profesionales* [en línea]. México, DF: Secretaría del Trabajo y Previsión Social-Comisión Nacional de Salarios Mínimos. Consultado el 23/10/2013. Recuperado de http://www.conasami.gob.mx/nvos_sal_2013.html.
- STPS-INEGI (2013). *Encuesta nacional de Ocupación y Empleo* (10 pp.). México, DF: Secretaría del Trabajo y Previsión Social-Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- Tello, M. L. F. (2006). *El acceso al agua potable, ¿un derecho humano?* [en línea]. México, DF. *Revista Derechos Humanos México. Revista del Centro Nacional de Derechos Humanos*, 2. Consultado el 23/10/2013. Recuperado de <http://www.juridicas.unam.mx/publica/rev/indice.htm?r=derhumex&n=2>.
- Van Den Bergh, J. (1996). *Ecological Economics and Sustainable Development. Theory, Methods and Applications* (354 pp.). Cheltenham, UK: Edward Elgar.

Dirección institucional de los autores

Dra. Marta Magdalena Chávez Cortés
 Biól. Karla Erika Mancilla Hernández

Laboratorio de Planeación Ambiental
 Departamento El Hombre y su Ambiente
 Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco
 Calzada del Hueso 100, Col. Villa Quietud, delegación Coyoacán
 04960 México, D.F., MÉXICO
 Teléfono: +52 (55) 54837 225
 ccmm1320@correo.xoc.uam.mx
 kalita280183@hotmail.com