

## Valoración económica de servicios ambientales en sistemas agroforestales en América Latina

Yelly Yamparli Pardo Rozo<sup>1</sup> & Gimmy Nardó Sanjinés Tudela<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estudiante Doctorado en Ciencias Naturales y Desarrollo Sustentable, M.Sc Economía del Medio Ambiente, Administradora de Empresas, Docente de la Universidad de la Amazonia.

<sup>2</sup>Investigador Universidad Católica Boliviana, San Pablo -UCB- La Paz, República de Bolivia.

Recibido 08 de septiembre de 2014; Aceptado 03 de noviembre de 2014

### Resumen

Los sistemas agroforestales (SAF) otorgan valor económico a los predios rurales por cuanto optimizan la relación: insumo producto ambiente. La valoración de los servicios ambientales implícitos en los SAF, busca estimar los costos de oportunidad del uso de recursos y la contribución en el precio de las tierras, en la producción o en la utilidad. Entre los principales servicios ambientales se encuentran: almacenamiento de carbono, conservación de bosques y disponibilidad de agua. Para estimar los beneficios económicos la valoración ambiental (VEA) se apoya en la microeconomía y econometría para construir las curvas de oferta y demanda para luego calcular las medidas de bienestar económico tales como disponibilidad a pagar, excedente del consumidor y valoración compensada. Entre los métodos VEA de mayor aplicación se encuentran: valoración contingente, costo de viaje y precios hedónicos. Los estudios de valoración económica constituyen una línea base en la determinación de políticas ambientales.

**Palabras clave:** Valoración, Bienes, Servicios ambientales, sistemas agroforestales.

### Abstract

The agroforestry systems (AS) provide economic value to rural properties in that optimize the relationship: input, environment and product. The valuation of implicit environmental services in the AS, seeks to estimate the opportunity costs of resource use and contribution in land prices, production or use. Among the major environmental services include: carbon storage, forest conservation and water availability. To estimate the economic benefits of environmental assessment is based on microeconomics and econometrics to build the supply and demand curves to then calculate the measures of economic welfare such as willingness to pay, consumer surplus and balanced assessment. Among VEA Methods the most implemented are: contingent valuation, travel cost and hedonic prices. The economic valuation studies provide a baseline in determining environmental policies.

**Key words:** Valuation, havings, environmental services, agroforestry systems.

### Introducción

Los Sistemas Agroforestales (SAF), son estrategias de sostenibilidad del sector primario, definidas como la interacción de un componente leñoso y un cultivo; algunos de estos tienen fines agrícolas como: arreglos agroforestales, silvopastoriles y agrosilvopastoriles, (Arcila *et al.* 2007). Estos han demostrado su eficiencia productiva y constituye uno de los principales mecanismos de producción limpia MDL, que a escala local ha logrado incorporar los principios de sostenibilidad en atención a las políticas mundiales (Andrade *et al.* 2014, Valencia *et al.* 2014, Banco Mundial 2014, Miranda *et al.* 2008, Ramírez *et al.* 2004, Barzov 2002).

En los SAF es importante identificar las oportunidades económicas que se derivan de potenciación de los bienes y servicios ambientales, por tanto el objetivo del documento es presentar las principales experiencias y aplicaciones de la valoración económica de los SA relacionados con Sistemas Agroforestales, instaurados en predios

rurales en el ámbito latinoamericano, para conocer los métodos y sus alcances teniendo como base conceptual y metodológica la economía ambiental (Ibrahim 2013, Peters 2013, FAO 2013).

### Metodología

Se realizó una revisión documental descriptiva y exhaustiva de documentos teóricos y empíricos relativos al tema de valoración económica y servicios ambientales, a través de libros, publicaciones y artículos científicos en físico, bases de datos (tales como ProQuest, e-libro, Science Direct), así como a través de motores electrónicos de búsqueda y bases de datos de acceso gratuito. Los temas centrales fueron economía ambiental, economía de los recursos naturales, sistemas agroforestales, valoración económica ambiental y servicios ambientales. Se indagó en grupos de investigación relacionados con la valoración económica ambiental. El criterio para la selección del material bibliográfico fue la relación con los temas de economía ambiental, valoración

\*Autor para Correspondencia: y.pardo@udla.edu.co

ambiental y econometría y los sistemas agroforestales, en libros especializados, artículos científicos publicados en revistas indexadas e instituciones académicas e investigativas. Para la evaluación de la calidad de los artículos se eligieron aquellos que constituyeran documento de elaboración de políticas públicas o artículos de revistas indexadas y publicaciones de resultados de investigación.

#### *Valoración Económica Ambiental*

En economía, el bienestar de los individuos depende del consumo de bienes y servicios producidos por el sector privado y público, además de las cantidades y calidades de flujos de bienes y servicios provistos por el sistema de recursos naturales y ambientales (Field 2003, González y Riascos 2007, Pyndick & Rubienfield 1998). Por ello, las variaciones en el stock de recursos naturales cambia el bienestar de los individuos, lo cual conlleva a asignar un valor a dichos cambios (Pardo, Andrade & Hermosa, 2012, Barzev 2002, Miranda 2008).

La EA surge en 1960 a partir de los problemas ambientales locales y globales, generadores de contaminación por las actividades de producción y consumo serían considerados como una externalidad negativa, la cual disminuye la calidad de vida para las comunidades. Una externalidad se entiende como un impacto que un agente de producción o consumo genera en otro agente, trayendo como consecuencia daños al ambiente, al ecosistema o a la salud, de forma que origina costos económicos y disminución del bienestar, pero esto no es registrado en el mercado o no existe un mecanismo de compensación o pagos por los daños y alteraciones ocasionadas al agente receptor de contaminación (Uribe *et al.* 2001, Pardo *et al.* 2012; Kolstad 2001, Field 2003). Con ello, una externalidad constituye un fallo de mercado, es decir, que impide la asignación eficiente de las cantidades y el valor o precio de los bienes y servicios, en este caso los recursos naturales y la calidad de los mismos. Para la corrección de estos fallos de mercados, se requiere “internalizar” los costos generados por la contaminación o la disminución en la calidad de los recursos naturales; por ello es necesario cuantificar el valor de los daños o de los beneficios generados por tales externalidades.

Así, la economía ambiental (EA) es una rama de la economía que trata de la relación entre el sistema económico y el ambiente (Azqueta 2007) Field,

2003, Labandeira, León & Vázquez 2007); con tres objetivos: reconocer la importancia que tienen los recursos naturales para la producción y consumo como motor de la economía; evidenciar los impactos del consumo y de la producción en el ambiente (Cristeche & Penna 2008); y proponer mecanismos que permitan regular las actividades de producción y consumo para mitigar, conservar y disminuir tales impactos en los ecosistemas conservando la eficiencia de los mercados con la resiliencia de los ecosistemas (Pardo, Andrade & Hermosa 2012, Kolstad 2001, Field 2003).

En los dos primeros objetivos se concreta el papel positivo de la economía ambiental: describir los fenómenos tal cual son y en el tercer objetivo se condensa el papel normativo: proponer cómo deberían ser dichos fenómenos.

Dentro del segundo objetivo, la valoración económica ambiental (VEA) constituye una contribución al desarrollo metodológico que permite estudiar el sistema económico y cómo sus actividades afectan al ambiente. Esta área del conocimiento de la EA, desarrolla métodos para la valoración de bienes y servicios denominados como “no mercadeables”, entendidos como aquellos que no poseen un mercado convencional, como es el caso de los servicios ambientales; en la actualidad sus aplicaciones se extienden hacia los sectores sociales como la salud, educación y cultura en los cuales se hace difícil la medición de beneficios e impactos (Pardo *et al.* 2012).

La Valoración Económica Ambiental (VEA) como una rama de la EA que permite estimar los beneficios de naturaleza económica para bienes que no cuentan con mercado o sistema de precios convencionales, como es el caso de los servicios ambientales SA. Estos últimos son externalidades positivas que proveen los ecosistemas y recursos naturales que condicionan la disponibilidad de materiales y energía imprescindibles para el desarrollo de las formas de vida (Rodríguez 2008; Moreno 2005). Los SA son inherentes en los ecosistemas y sus condiciones biogeofísicas y químicas, que otorgan valor agregado a otros sistemas de naturaleza económica y social (Carbal, 2009).

Freeman (2003) y Pardo *et al.* (2012) coinciden en plantear que la VEA brinda herramientas validadas para la toma de decisiones en evaluación de proyectos, pues permiten evidenciar y cuantificar los daños o beneficios mediante el estudio de los impactos económicos y genera información para el diseño eficiente de políticas de

uso sostenible de los recursos. La VEA permite imputar valor económico a los bienes y servicios ambientales para lograr la eficiencia económica y el crecimiento sostenible (Tietenberg 2010; Herruzo, 2002). La VEA está fundamentada en los argumentos económicos y herramientas econométricas (Gujarati, 2005). Los modelos empíricos dependerán de la naturaleza de las variables y del problema a tratar. Lo anterior, a través de medidas de bienestar basadas en la teoría microeconómica entre ellas, la variación compensada, la disponibilidad a pagar total y marginal y el excedente del consumidor (Pindyck & Rubinfeld 2008; Pardo et al 2012). Estas medidas representan los beneficios económicos que se generan para oferentes y demandantes de SA las cuales subyacen en la teoría microeconómica (teoría del consumidor y teoría de la firma, Pindyck & Rubinfeld, 2008).

El enfoque de la VEA, busca comprobar cómo los impactos en el ambiente propiciados por el sistema económico, repercuten y afectan los costos de oportunidad tanto de los hogares como de las empresas. Los SA no requieren ningún proceso de transformación, pues su simple existencia y naturaleza ya garantizan el cumplimiento de una función que resulta ser vital para el hombre, y su naturaleza pública hace difícil la cuantificación de valoración económica entre beneficios y daños (Gómez & Gómez 2013, Barzev 2002).

La diferencia entre los SA y los BA es que los primeros son intangibles y los BA son materias primas (tangibles) que usa el hombre en sus actividades económicas.

Para aplicar y elegir un método de la VEA es necesario comprender el concepto de Valor Económico Total (VET) que se desea hallar del SA. De acuerdo con Uribe *et al.* (2003); Freeman (2001); Cristeche & Penna 2008; Pardo *et al.* (2012) en este concepto los SA tienen un valor económico según la asignación dada por las personas, ya sea por el uso o no uso. Por tanto, el VET está compuesto por dos elementos: el valor de uso (directo VUD e indirecto VUI) y el valor de no uso (VNU).

El VUD representa el valor económico asignado al recurso natural por los beneficios generados de su uso en actividades productivas; el VUI estima que el bien ambiental, a través de los servicios que presta, puede afectar positiva o negativamente actividades productivas y económicas; y el VNU comprende el valor económico asignado por la conservación, dada la disponibilidad de contar con este recurso natural y ambiental a futuro, para que

otras generaciones puedan beneficiarse de su intervención o tomen la decisión de protegerlo. El VNU también es considerado como un legado para las futuras generaciones; también es conocido como valor vicario (Cristeche & Penna 2008, Uribe *et al.* 2001).

Como ejemplo clásico a los conceptos que integran el VET se puede citar el bosque, el cual puede ser valorado por ciertos individuos de acuerdo con la cantidad de madera comercial que posea el inventario forestal de una especie determinada; o puede ser valorado porque alberga especies que tienen una función ecosistémica estratégica para el hombre o porque brindan un servicio de regulación hídrica de la que depende una población; o puede ser valorado como ecosistema estratégico que garantiza la seguridad alimentaria para las futuras generaciones. Los métodos VEA están enfocados a determinar VUD, VUI y VNU; por ello comprender el tipo de valor que se desea conocer del recurso o servicio ambiental es esencial para elegir el método.

Los métodos de VEA se dividen en directos e indirectos. El método directo consiste en la construcción de un mercado hipotético y la información para hacerlo proviene directamente del demandante del recurso. Los bienes y servicios que se estudian allí, al no tener un mercado convencional, requieren la construcción de un hipotético a partir de fuentes directas de información como entrevistas y encuestas dirigidas a los beneficiarios o demandantes del recurso (Uribe *et al.* 2002, Freeman 2001, Azqueta 1995).

Los métodos de tipo indirecto, son aquellos que se soportan en mercados existentes o consolidados que cuentan con un sistema de precios y se encuentran asociados con el servicio ambiental o el recurso que no es mercadeable. Entre los métodos indirectos más reconocidos está el costo de viaje, precios hedónicos y función de daño (Sanjines 2012, Cartson (2011).

El Método de Valoración Contingente (VC) según Cartson (2011) y Azqueta (1995) ha sido empleado para estimar cambios en el bienestar económico de los hogares cuando estos cambios involucran bienes o servicios públicos que no tienen precios explícitos. Pardo (2005) menciona que la valoración contingente es usada por agencias internacionales, como el BID y la CEPAL para valorar inversiones en transporte, saneamiento, salud, artes, educación y para bienes del medio ambiente, tales como calidad del aire,

calidad del agua, seguridad en autopistas y derrames de petróleo. En Colombia, el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible incorporó estos métodos en el manual para evaluación de impacto, para el desarrollo posterior de solicitud de licencias ambientales.

La VC persigue dos objetivos: evaluar los beneficios de políticas o proyectos relacionado con bienes y/o servicios que no tienen un mercado definido y estimar medidas de bienestar de acuerdo con la teoría económica: disposición a pagar (DAP), disposición a aceptar (DAA,) variación compensada y variación equivalente.

De acuerdo con Uribe *et al.* (2003), los supuestos de la VC son *a)* el individuo maximiza su utilidad sujeto al presupuesto representada por el ingreso disponible, *b)* el comportamiento del individuo en el mercado hipotético es equivalente a un mercado real, *c)* el individuo debe tener completa información sobre los beneficios del SA. En la práctica, se construye un modelo econométrico cuya variable dependiente es la probabilidad de que un individuo esté dispuesto a pagar por acceder a los beneficios que le genera el recurso o el SA, el cual está en función de otras variables como el valor de la disponibilidad a pagar (VrDAP) y otras características socioeconómicas SE (como edad, género, estrato, ingreso, gastos, etc).

$$\text{PROB(DAP)} = \beta_0 + \beta_1 \text{VrDAP} + \sum \beta_i (\text{SE})$$

Ecuación 1. Función de probabilidad de la DAP

El éxito de los estudios dependen de la calidad del ejercicio de recolección de información; una de las debilidades del método es su sensibilidad en aspectos relacionados con la técnica de recolección de la información, como el diseño de la encuesta, los tipos de pregunta, los sesgos que se puedan generar, las preguntas relacionadas con las disponibilidades a pagar, el procedimiento de realización de la encuesta. Para preguntar sobre la DAP y su valor, se pueden emplear esquemas de preguntas abiertas, tipo subasta, tipo referéndum, o la combinación de las anteriores. La pregunta abierta en el cuestionario puede ser directa: ¿Está dispuesto a pagar por acceder a los beneficios del proyecto? Y ¿cuál sería el valor de su disponibilidad a pagar?

En lo referente al método de estimación de la ecuación en los parámetros  $\beta$ , se recomienda máxima verosimilitud, Respecto de la forma funcional, generalmente se trabaja con los modelos Logit, Probit y Tobit, para encontrar resultados

consistentes (Gujarati, 2005). Para hallar la DAP promedio, se aplica la siguiente ecuación, donde  $\beta_1$  es el parámetro del valor de la DAP y SE es el vector de características socioeconómicas. Se espera que el signo de  $\beta_1$  sea negativo, indicando que a mayor valor de la DAP la probabilidad de que el individuo tenga una DAP disminuye.

$$\text{DAP} = \frac{\beta_0}{\beta_1} = \frac{[\beta_0 + \sum \beta_i (\text{SE})]}{\beta_1}$$

Ecuación 2. Fórmula para calcular la DAP.

Finalmente, para calcular los beneficios económicos totales, se multiplica la DAP media hallada por el número de individuos que participaron en la muestra, e inferir cuales serían los beneficios para la población.

El método de costo viaje CV como método indirecto, se emplea para la valoración económica de espacios naturales, recreativos, parques, zonas de interés paisajístico, reservas, etc, cuyos mercados indirectos existentes pueden ser el transporte, hotelería y restaurante. Los servicios de recreación demandan al individuo costos y gastos asociados al desplazamiento, imprevistos y otros por su acceso y contemplación; además, el tiempo y dinero que una persona gasta para visitar un sitio, implica costos de oportunidad (Cristeche & Penna 2008).

Según Uribe *et al.* (2003) los objetivos de la metodología son identificar las variables ambientales y socioeconómicas que determinan la demanda por un lugar; con ello, hallar la curva de demanda por el sitio y posteriormente medir el excedente del consumidor. Esto permite determinar el valor económico social atribuido al recurso natural como consecuencia de cambios en el bienestar debido los cambios en la calidad ambiental del recurso. Los supuestos de método de acuerdo con Uribe *et al.* (2003), Freeman (2001) y Azqueta (1995) son: *a)* el visitante maximiza su utilidad sujeto a las restricciones de ingreso y de tiempo; *b)* el consumo en recreación forma parte de la canasta de bienes y servicios de los individuos *c)* la experiencia recreativa puede ser representada por los gastos y costos en que se incurren para recrearse y pueden ser utilizados para aproximarse a este.

En la práctica para hallar la función de demanda a un sitio recreativo, se propone construir un modelo cuya variable dependiente representa la probabilidad del número de viajes esperada al sitio

de recreación, y con variables independientes tales como: el costo viaje, el precio de bienes o lugares sustitutos; el ingreso del individuo y características socioeconómicas como género, edad, nivel educativo y demás que el investigador considere.

La variable precio viaje o costo viaje será resultado de la sumatoria de todos los costos generados por el desplazamiento, consumos de otros bienes durante el viaje y aquellos realizados en el sitio, imprevistos y el costo de oportunidad del tiempo. El modelo matemático de la demanda entonces será:

$$V = \beta_0 - \beta_1 c_1 + \beta_2 c_2 \pm \beta_i SE$$

Ecuación 3. Modelo matemático de demanda en costo viaje.

Donde V es el número de viajes al sitio;  $c_1$  y  $c_2$  es el costo viaje al sitio de estudio y al lugar sustituto respectivamente; y SE es el vector de  $i$  variables socioeconómicas como el ingreso, género, edad, nivel educativo, etc; los betas son los parámetros estimados. Se espera que los signos del parámetro que acompaña la variable costo viaje sean negativos en respuesta a la ley de la demanda; el coeficiente que acompaña la variable precio del sustituto sea positivo, para indicar la relación de sustitución. Para estimar los parámetros se pueden utilizar el modelo de poisson, logit, probit y tobit, debido a la naturaleza discreta de la variable dependiente.

Precios Hedónicos es otro de los métodos indirectos utilizados la determinación del valor de predios rurales y las viviendas en el área urbana. El método se introdujo desde 1967 (Pardo 2005) y sus aplicaciones se han realizado para establecer el precio de las viviendas debido al riesgo de daños ocasionados por fenómenos como inundaciones y huracanes para determinar los costos de implícitos asociados, tales como el pago de seguros contra desastres (Bin & Polasky, 2004).

Los objetivos de la metodología son identificar los atributos o características que explican el precio de un bien indicando cuáles de ellos constituyen externalidades que impactan positiva o negativamente y determinar la disponibilidad a pagar marginal por cada atributo. El modelo sigue la forma general.

$$Prec^0 = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i (EV)^i + \sum \gamma_i (SE)^i + \sum_{i=1}^n \varphi_i (A)^i + \varepsilon_i$$

Ecuación 4. Modelo de función de precios hedónicos.

De acuerdo con Pardo (2005) y Ramírez (1998), Prec es la variable dependiente del precio de la vivienda; EV representa la sumatoria de  $n$  características estructurales y de vecindad del predio urbano o rural (por ejemplo la distancia hasta un centro de comercio o cabecera municipal; tamaño, áreas construidas; adecuación de las instalaciones, número de habitaciones, número de pisos, condiciones de pisos, paredes y techos, etc); condiciones de las vías, entre otras. SE representa la sumatoria de  $m$  características atribuibles a factores socioeconómicos como estrato, o en el caso de los predios rurales variables tales como productividad, ingresos por actividades agropecuarias, seguridad; zona de parques, disponibilidad de servicios públicos, entre otros. A representa la suma de variables ambientales como: cobertura de bosques en hectáreas, unidad de paisaje al que pertenece: ejemplo, montaña, lomerío o vega; disponibilidad de fuentes hídricas grado de erosión, calidad de aire, etc.

La principal dificultad que presenta el método es denominado problema de especificación, que consiste en el desconocimiento de la forma funcional que sigue el modelo planteado, dada la naturaleza de las variables, pero se soluciona con el llamado modelo Box-Cox.

#### *Servicios ambientales en sistemas agroforestales*

La vida depende por completo de los ecosistemas de la tierra y los servicios que estos proporcionan depende el bienestar biofísico y psicosocial del hombre (González y Riascos 2007). De acuerdo con Moreno 2005; Rodríguez 2008 y Hartwick & Olewiler 1998, los servicios ambientales SA se pueden clasificar en: servicios de apoyo, de aprovisionamiento, de regulación y servicios culturales. Los servicios de apoyo hacen referencia los ecosistemas inmersos en los ciclos biogeoquímicos o naturales, tales como la regulación del clima, creación de nutrientes, la garantía de los procesos de fotosíntesis y respiración, mantenimiento y composición de la atmósfera, la diversidad biológica y genética, formación de suelo y agua, de igual forma son los procesos que permiten la restauración del equilibrio de los ecosistemas en un tiempo natural (González 2012).

Los servicios de aprovisionamiento se relacionan con la capacidad de proveer los recursos utilizados

como insumos, materias primas, bienes de consumo directo, recursos genéticos, productos bioquímicos, medicinas y productos farmacéuticos. De otro lado, los servicios de regulación que brindan soporte a la vida y a los procesos productivos, entre ellos se tienen la regulación del clima, formación de alimentos, ciclaje de elementos, regulación de la erosión, purificación y tratamiento de aguas de desecho, regulación de enfermedades, pestes, desastres naturales, polinización, sumideros, etc, a través de los ecosistemas.

Los servicios culturales se relacionan con los valores espirituales, religiosos y estéticos relativos al valor de existencia de las especies, la calidad de áreas naturales para la recreación y el ecoturismo derivados de ello. Barzev (2002) indica que los SA son la belleza escénica, la fijación captación o almacenamiento de carbono, captación hídrica, protección de suelos, energía, diversidad genética, banco de producción de oxígeno, e incluso la investigación (Guzmán 2010).

Entre los principales SA observados en ecosistemas asociados a las SAF se encuentran: sumideros de carbono (Orjuela-Chaves, Andrade & Vargas 2014; Andrade, Marín & Pachón 2014; Somarriba et al 2013; Camacho & Solano 2010; Pico 2011; Miranda 2008; DARIEN MEF-BID 2007; Suarez 2003), control de plagas (Miranda 2008); conservación de agua (Pico 2011). Los SA asociados a la conservación de bosques: purificación del aire, conservación de suelos, reducción de la erosión (García 2013; Ortiz 2013; MAG 2013; Ocaña 2011, Miranda 2008), humedad, flora y fauna, retención de agua en el subsuelo y paisaje (Ortiz 2013; Larqué-Saavedra et al. 2004), disfrute paisajístico por belleza escénica (García 2013, Escobar & Erazo 2006), productividad hídrica provisión y regulación (García 2013; Pico 2011; Robledo 2003). De otro lado algunos sistemas económicos se instauran en cercanía a ecosistemas de humedal los cuales proveen los servicios tal como filtrado de aguas residuales, conservación de especies, pesquería y servicios recreativos (Uribe et al. 2001; Sajurjo 2001, Hartwick & Olerwiler 1998).

#### *Valoración económica de servicios ambientales*

La revisión de las experiencias de valoración económica en Latinoamérica destacan que el almacenamiento de carbono (Moreno 2008; Orjuela-Chaves, Andrade & Vargas 2014; Andrade, Marín & Pachón 2014; Somarriba et al. 2013; Camacho & Solano 2010; Pico 2011; Uribe et

al. 2001; Sajurjo 2001) la conservación del bosque, la belleza escénica natural con fines recreativos y la calidad y disponibilidad de fuentes hídricas constituyen en esencia los principales SA de las SAF (Moreno 2008; Camacho & Solano 2010; Pico 2011; Miranda 2008; DARIEN MEF-BID 2007; Suarez 2003, Pico 2011; García 2013; Ortiz 2013; Larqué-Saavedra et al. 2004; García 2013; Escobar & Erazo 2006; Robledo 2003; Uribe et al. 2001; Sajurjo 2001, Hartwick & Olerwiler 1998).

Como resultado de esta dinámica, en Costa Rica, el estudio de Miranda et al. (2008) encontró la efectividad en el almacenamiento de carbono de un SAF respecto de un monocultivo y encontró que los beneficios son superiores en los arreglos en \$946 dólares, donde el valor del carbono secuestrado se obtuvo a partir de los precios del mercado por tonelada tomados del estudio de Oliveira (1996) citado por Barzev (2002). El estudio de valoración de secuestro de carbono en ecosistemas agropecuarios realizado en Cuba por Miranda (2007) encontró que el carbono almacenado por hectárea en los SAF fue valorado en 1.590 dólares por año, donde el 80% fue aportado por un sistema silvopastoril. Carbal (2009) estimó el valor de los servicios ambientales de una ciénaga colombiana como captura de CO<sub>2</sub> y producción de oxígeno, protección contra inundaciones y retención de sedimentos y nutrientes, aplicando métodos de costos evitados, donde cuantificó 6489,6 toneladas de fijación de carbono y 12.979,2 toneladas de liberación de oxígeno.

De otro lado, Larqué-Saavedra et al. (2004), encontraron que la disponibilidad a pagar como medida de bienestar económico por servicios ambientales derivados del bosque en México en promedio anual fue de \$272,9 pesos empleando el método de valoración contingente. Para el caso colombiano el estudio de Escobar y Erazo (2006) encontró que para la valoración de servicios ambientales del bosque aplicando los métodos de valoración contingente y costo viaje se obtuvo una DAP total anual de \$4.981,0 y \$4.395,0 respectivamente, donde corroboró que la DAP de valoración contingente es superior a la hallada en costo viaje debido a que en el primer método se contempla el valor económico total (incluye el valor de no uso) mientras que el segundo método solo captura valor de uso.

Según Canesa (2000) presentado en Uribe et al. (2001) en Colombia se ha empleado la VEA para el análisis del Parque Nacional de Chingaza,

patrimonio mundial por ser uno de los principales ecosistemas productores de agua, donde empleando método de costos evitados (función daño) concluyó que los beneficios generados por el control de la erosión mediante la protección de la cobertura vegetal, produce ahorros relacionados con los costos de potabilización del agua para el consumo humano en la planta de tratamiento.

De igual forma, aplicando valoración contingente, se realizó una evaluación ex ante de las políticas de conservación de una zona forestal, donde se halló que la medida de bienestar variación compensada fue de \$3.262 mensuales que experimentan los hogares por las mejoras ambientales resultantes de la aplicación de la política.

El estudio de Sajurjo, (2001) sobre la valoración económica de servicios ambientales prestados ecosistemas de humedales en México, se reconocieron los servicios tales como retención y prevención de desbordamientos y se empleó el método de valoración contingente en complemento con el método de sistema de cuentas agroforestales.

El estudio de Robledo (2003) en Guatemala sobre la valoración de SA en sistemas agroforestales empleando costos evitados encontró que se aproximan a \$70.575 es el costo asociado al mantenimiento del embalse.

Entre las experiencias de VEA en la zona de piedemonte amazónico de Florencia en Caquetá, Colombia, se tienen los estudios de Ramírez (1998) y Pardo (2005) quienes valoraron los predios agropecuarios ubicados en la zona de piedemonte y en la zona de frontera agropecuaria empleando el método de precios hedónicos para hallar la contribución de las variables ambientales en el precio de las tierras. Ramírez encontró que en los predios agropecuarios la disponibilidad a pagar marginal (DAPMg) por una hectárea de bosque otorga valor económico a las fincas en \$274.000 a precios de 1997; es decir, que en la zona consolidada la conservación de cobertura boscosa representa utilidades por cuanto aumenta el precio de las tierras.

Por el contrario Pardo (2005) realizó un estudio similar en la zona de colonización, la cual incluyó tanto la zona demográficamente consolidada como la zona de frontera agropecuaria, donde encontró que la DAPMg por hectárea de bosque fue negativa, con un valor de \$478.000, lo cual representó un costo de oportunidad por la conservación de bosque, es decir, se considera que

tener una hectárea en bosque disminuye el valor del predio para la zona de frontera agrícola.

En cuanto a belleza paisajística asociada a la zona rural, Pardo y Andrade (2009) valoraron los servicios ambientales de disfrute paisajístico de los balnearios del Rio Hacha en Florencia Caquetá, cuyo objetivo fue determinar el excedente del consumidor por servicios de recreación de los bañaderos de libre acceso aplicando el método de costo viaje, donde se obtuvo que cada familia experimenta beneficios económicos representados en \$83.000 anuales por el disfrute paisajístico del recurso. En desarrollo se encuentran propuestas recientes como la de Orjuela (2014) pretenden valorar el servicio ambiental por almacenamiento de carbono empleando método de costos evitados.

En el estudio de Barzev (2000, p 108-112) sobre la valoración económica de la oferta y demanda hídrica del bosque en Costa Rica, se fundamentó en el enfoque de costo de oportunidad de uso de la tierra, identificando a la ganadería como responsable del cambio del uso del suelo, de bosque a pasto, donde el costo de la actividad ganadera se estimó en 53.000 colones por hectárea año. De igual forma el autor en otro estudio, analizó la disposición a pagar de las comunidades para contribuir con el mantenimiento del bosque en un predio agropecuario dado los SA que éste proporciona, donde se empleó el método de valoración contingente y se obtuvo una DAP total de \$56.484 dólares (Barzev 2000). El autor también realizó la valoración económica de los bienes y servicios ambientales como fijación de carbono, emisiones evitadas y belleza paisajística en áreas protegidas del corredor mesoamericano, en el que determinó que los servicios por captura de carbono ascienden a 310,4 millones de dólares.

De otro lado en el estudio Salgado (1996) de Honduras, de Barrantes & Castro (1998) de Costa Rica y de Artiaga (2000) en el Salvador, citados en Barzev (2002) buscó determinar la DAP por el valor el agua proveniente de parques naturales, cuencas hídricas mediante el modelo de valoración contingente de los servicios de captación, producción y mantenimiento de la cuenca y valor económico del agua cuando se usa como recurso insumo para la producción.

### **Discusión y análisis**

Se observó que la necesidad de valorar los servicios ambientales provenientes de las SAF

obedece a la cuantificación de los impactos y externalidades (positivas y negativas) que permitan generar medidas de política (por ejemplo, los pagos por bienes y servicios ambientales), para detener el deterioro de los recursos naturales y ambientales y fomentar los principios de productividad y sostenibilidad en el ámbito local. La valoración económica de captura de carbono puede realizarse por la determinación de costos evitados como en Miranda 2007 y Barzev 2000.

Sin embargo, pese a que el secuestro de carbono es uno de los servicios ambientales “requeridos con urgencia” ante el problema ambiental de cambio climático, aún no se evidencian mediciones empleando valoración contingente, donde se refleje una disponibilidad a pagar (y con ello los beneficios económicos) derivados de no emitir gases de invernadero, donde se refleje cual es el valor económico total. Puede considerarse que en América Latina aún falta un trabajo interdisciplinario fuerte entre las ciencias económicas y las agropecuarias y agroforestales; pues las principales dificultades radican en que los estudios provienen de autores de las ciencias agroforestales quienes se limitan a realizar y aplicar una valoración financiera o privada y no se observa aún el componente de evaluación socioeconómica, conocimiento que es aún más especializado.

De forma contraria, la valoración de los servicios ambientales provenientes de la conservación de los bosques y humedales, han implementado un número importante de estudios donde se aplica el método de valoración económica ambiental como la valoración contingente, costo viaje, precios hedónicos, función de daño, entre otros, pese a que el bosque y los humedales traducen una gran variedad de servicios e interacciones como regulación de microclima, protección de suelos, retención y contribución a la formación de agua, banco genético, entre otros. Con ello es posible argumentar el valor de no uso, de existencia o de legado.

## Conclusiones

Los servicios ambientales provenientes de los sistemas agroforestales que gozan de actual reconocimiento son en esencia el almacenamiento de carbono, la conservación del bosque y del agua para su disponibilidad. El valor económico total de

un recurso está dado por su uso directo, indirecto o potencial. Existen métodos de valoración económica para cuantificar los beneficios que proporcionan los SA, pero su aplicación depende del tipo de valor de uso que se desee conocer. Para estimar el valor económico total se puede emplear la valoración contingente en la cual se halla la variación compensada como medida de bienestar o la disponibilidad a pagar total. Para hallar valores directos e indirectos se pueden emplear los métodos de costos evitados; precios hedónicos (para el caso del precio de los predios rurales) y costo viaje para valorar los SA relativos a la recreación y belleza paisajística. Las experiencias de valoración económica ambiental en América Latina han logrado demostrar cómo los SAF generan valor agregado y bienestar social, con resultados empleados con fines de política, por ejemplo, el diseño de mecanismo de pago por bienes y servicios ambientales.

## Literatura citada

- Andrade, H.J.; Segura, D.S.; Canal, M.; Feria, J.J.; Alvarado, L.M.; Marin, D; y Gomez MJ. (2014). The carbón footprint of coffe production chains in Tolima, Colombia. Chapter 3. Sustainable agroecosystems in climate change mitigation. Wageningen Academic Publishers, ISBN 978-90-8686-788-2. (53 – 66).
- Andrade, H; Marín, L. M y Pachón, D. (2014). Fijación de carbono y porcentaje de sombra en sistemas de producción de Café (*Coffea arábica* L.) en el Líbano Tolima, Colombia. *Bioagro* 26(2): 127-132. Universidad del Tolima, Ibagué Colombia.
- Arcila P., J.; Farfán V., F.; Moreno B., A.M.; Salazar G., L.F.; Hincapié G., E. (2007). Sistemas de producción de café en Colombia. Chinchiná, Cenicafe, Capítulo 8 (162 – 200) 309 p.
- Azqueta Oyarzun, D. (1995). Valorización económica de la calidad ambiental. Edición McGrawHill, Madrid, ISBN 84-48-1853-7 pp 299.
- Azqueta Oyarzun, D. (2007). Introducción a la Economía Ambiental. Edición McGrawHill, Madrid, Universidad de Alcalá de Henares, ISBN 9788448160586 pp 456.
- Banco mundial; CIAT, CATIE, 2014. Agricultura Climáticamente Inteligente en Colombia. Serie de perfiles nacionales de Agricultura Climáticamente Inteligente para América Latina. Washington D.C Grupo del Banco Mundial. 12 pag.
- Barrantes G. y Castro E. (1999). Implementación del esquema de Cobro y pago se servicio ambiental hídrico: caso de las empresas de servicios públicos de Heredia. Corredor biológico Mesoamericano. Serie técnica 04. Managua Nicaragua 118-112 pp.



- Barzev, Rodoslav (2002). Guía metodológica de valoración económica de bienes y servicios e impactos ambientales. Corredor biológico Mesoamericano. Serie técnica 04. Managua Nicaragua 113-125 pp.
- Bin, o. & Polasky, S. (2004). Effects of flood hazards on property values: evidence before and after hurricane Floyd. *Land Economics*, November, 490-499 p..
- Camacho A. & Solano W. (2010). Nodo de Cooperación: Los Servicios Ambientales en Costa Rica. IICA, Costa Rica, ISBN 978-92-9248-232-9, 96 pp.
- Carbal Herrera A. (2009). La Valoración Económica de bienes y servicios ambientales como herramienta estratégica para la conservación y uso sostenible de ecosistemas: Caso Ciénaga La Caimanera Coveñas Sucre Colombia. Universidad Libre, Bogotá Colombia. 71-89pp.
- Cartson, R. (2012). *Contigent Valuation. A Comprehensive Bibliography and History.* Edward Elgar Publishing Ltd ISBN-13: 978-1840647556. 464 p.
- Cristeche E. y Penna J. (2008). Métodos de valoración económica de los servicios ambientales. Estudios socioeconómicos de la sustentabilidad de los sistemas de producción y recursos naturales. Ediciones INTA (3), Buenos Aires, Argentina.
- Darien MEF-BID, the Louis Berger Group, Inc (2007). Informe de consultoría por servicios de conservación de la biodiversidad y captura de carbono de la cuenca del río Congo. Programa de Desarrollo Sostenible del Darien, Programa de Naciones Unidas, Panamá.
- Escobar L. A. y Erazo A. (2006). Valoración económica de los servicios ambientales del Bosque de Yotoco: Una estimación comparativa de valoración contingente y costo viaje. *Gestión y Ambiente*, Universidad Nacional de Colombia 9 (1): 25-38 pp.
- Field, B. (2003). *Economía Ambiental, Una introducción.* McGraw Hill, 587 pp.
- Freeman III, A Myrick (2003). *The measurement of environmental and resources values.* Second edition. Resources for the future. United States of América. 491 pp.
- García, H. (2013). Valoración de bienes y servicios ambientales provistos por el páramo de Santurbán. Informe presentado a Abt Associated INC. Fedesarrollo Centro de Investigación Económica y Social, Bogotá Colombia.
- Gómez, D. & Gómez M.T (2013). *Evaluación de Impacto Ambiental.* Ediciones Mundiprensa, España. 747 pp.
- González A. & Riascos E. (2007). Panorama Latinoamericano del pago por Servicios Ambientales. *Revista Gestión y Ambiente* Volumen 10, Número 2, Universidad Nacional de Colombia, 129 - 144 pp.
- Gonzalez, M.A. (2012) Pagos por Servicios Ambientales en la Lucha contra la Desertificación: Esquemas de Pagos por Servicios Ambientales. Editorial Académica Española, 136 pp.
- Gujarati, D. & Porter, D. (2010). *Econometría Básica.* 5 ed. McGraw Hill, Santa fe de Bogotá.
- Guzman, S (2010). Valoración de un sistema productivo agropecuario priorizado y su relación con los servicios ecosistémicos en la cuenca del río Otún. Tesis de magister en Estudios Ambientales y Desarrollo Rural, Universidad Javieriana, Bogotá Colombia, 181 pp.
- Hartwick J. M & Olewiler N. (1998). *The economics of natural resource use.* Addison-Wesley educational publishers, Inc. 431 pp.
- Herruzo, C. (2002). *Libro Blanco de la Agricultura y Desarrollo rural.* Departamento de Economía y Gestión Forestal. Universidad Politécnica de Madrid.
- Ibrahim M, Guerra L, Cansola F y Neely Constance (2010). Importance of silvopastoral systems for mitigations of climate change and harnessing of enviromental benefit, chapter X. *Grassland carbón sequestrion management, policy and economics.*
- Kolstad, Ch. (2001). *Economía ambiental.* Oxford University Press, México.
- Larqué-Saavedra B. S; Valdivia R., Gutierrez F. y Romo J. L (2004). Valoración Económica de los Servicios Ambientales del Bosque en Ixtapaluca, Estado de México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 20 (4), 193-202 pp.
- Labandeira, X.; León C. & Vasquez J. (2007) *Economía Ambiental* Pearson Educación S.A Madrid. 376 pp.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería MAG (2013). *Ganadería sostenible y cambio climático. Aportes para el proceso de construcción de NAMA* (2013). IICA, PNUD, Low Emission Capacity building Programme, GIZ, Costa Rica, 23pp.
- Miranda T, Machado Rey, Machado H, Brunet J. & Duquense P. (2008). Valoración Económica de bienes y servicios ambientales en dos ecosistemas de uso ganadero. *Zootecnia Tropical.*
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2010). *Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales.* Viceministerio de Ambiente. Colombia, Recuperado en: <https://www.crq.gov.co/Documentos/PLAN%20DE%20ACCION/Metodologia%20Estudios%20Ambientales.pdf>
- Moreno Díaz M. L. (2005). *Pago por servicios ambientales, la experiencia en Costa Rica.* Instituto Nacional de Biodiversidad INBIO, Costa Rica
- Ocaña, H. (2011). *Evaluación Socio-económica de tres sistemas de producción en el piedemonte amazónico colombiano.* Tesis de maestría en agroforestería Universidad de la Amazonia, Florencia, Caquetá.
- Orjuela-Chaves, J. A, Andrade H y VARGAS Y. (2014). Potential of carbón storage of rubber (*Hevea brasiliensis* Müll. Arg) plantations in monoculture and agroforestry systems in the colombian amazon. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17, 231, 40 pp.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, FAO, (2013) *Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería: Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación,* ISBN 978-92-5-307921-6.

- Ortiz, J. (2013). Evaluación del impacto ambiental derivado por procesos de expansión de la frontera agropecuaria y su mitigación mediante la implementación de sistemas agroforestales en condiciones ecológicas del bosque tropical seco. Universidad del Tolima, Facultad de Ingeniería Forestal, Ibagué, Tolima, Colombia.
- Pardo, Y.Y., Andrade, M. C. & Hermosa, D. (2012). Evaluación Económica de políticas y proyectos: métodos alternativos y estudios de caso. FERIVA, Cali Colombia, 176 pp.
- Pardo, Y.Y. (2005) Valoración ambiental de predios agropecuarios en la zona de colonización del Caquetá, ubicados en paisaje de Lomerío y Vega de Rio. Universidad de los Andes, Bogotá D.C.
- Peters, M. et al (2013). Challenges and opportunities for improvising eco-efficiency of tropical forage-based systems to mitigate greenhouse gas emissions. Centro Internacional de Agricultura CIAT, Cali, Colombia.
- Pico, J. N. (2011). Evaluación de servicios ambientales en sistemas agroforestales con café en fincas bajo diferentes tipos de certificaciones en Turrialba, Costa Rica. Tesis de grado para optar al título de MSc en Agricultura Ecológica, CATIE.
- Pindyck, r. & Rubinfeld, D. (2008). Microeconomía. Prentice Hall, 7a. Ed, España. 208-209 pp.
- Ramírez, B.L et al. (2004). Aporte al conocimiento y sostenibilidad de la Amazonia Colombiana. Universidad de la Amazonia, FERIVA, Cali, Colombia. 221pp.
- Ramírez, J.A. (1998). Identificación de atributos que determinan los precios de los predios ganaderos en el departamento del Caquetá: Una aplicación de precios hedónicos. Facultad de Economía. Universidad de los Andes, Bogotá, D.C.
- Rodríguez, A. J. (2008). Fundamentos del uso de instrumentos fiscales en la política ambiental. Oficina de Estudios Económicos DIAN, Colombia.
- Robledo W. I. (2003). Pago de Servicios Ambientales para la implementación de sistemas agroforestales en áreas críticas de las cuencas generadoras de energía eléctrica María Linda y Los Esclavos, Guatemala. Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza, escuela de posgrado. Costa Rica.
- Sajurjo, E. (2001). Valoración económica de servicios ambientales prestados ecosistemas: humedales en México. Instituto Nacional de Ecología, Dirección General en Investigación en Política y Economía Ambiental. Instituto Nacional de Ecología.
- Sanjines, J (2012). Métodos Modernos y Aplicaciones para la Economía del Medio Ambiente: Desde el paradigma de la Inteligencia Artificial, Editorial Académica Española. 156 págs. ISBN 978-3659014093
- Somarriba et al (2013). Carbon stocks and cocoa yields in agroforestry systems of Central América. Agriculture, Ecosystems and Environment, Elsevier 173; 43-57.
- Suárez, D. (2003). Cuantificación y valoración económica del servicio ambiental captura de carbono en sistemas agroforestales de café en la comarca Yassica Sur, Matagalpa Nicaragua. CATIE. Programa de Posgrado 131pp.
- Tietenberg, T. (2010). Environmental Economics and Policy. Fifth edition. Pearson. Chapter Five. Sustainable Envelopment Defining the concept.
- Uribe, E; Mendieta, J; Rueda, H. & Carriazo, F. (2003). Introducción a la valoración ambiental y estudios de caso. CEDE - COLCIENCIAS - Ediciones, Uniandes. Bogotá, Colombia. 227 pp.
- Valencia, V; García-Barrios L; West P; Sterling E & Naem S. (2014) The Role of coffee agroforestry in the conservation of tree diversity and community composition of native forest in a Biosphere reserve. Agriculture, Ecosystems and Environment ELSEVIER. 154 - 163 pp.