

Los modelos de la economía ecológica: una herramienta metodológica para el estudio de los servicios ambientales

V. S. AVILA-FOUCAT¹

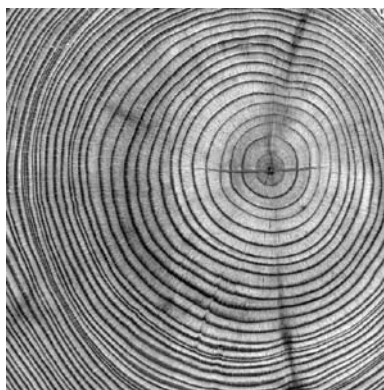
1 CIEMAD-IPN, Calle 30 de Junio de 1520, Col Barrio la Laguna Ticomán. Delg. Gustavo A. Madero
C.P. 07340, México D.F.
Correo-e: savila_1@yahoo.com.mx y vavilaf@ipn.mx

Resumen. La valuación económica de los servicios ecosistémicos requiere diversas metodologías e incorporar la dinámica ecosistémica. Un estudio de caso en la cuenca Tonameca ejemplifica cómo se vinculan la función producción, la valuación contingente y el análisis trófico para integrar el valor de los servicios ecosistémicos en la economía.

Palabras clave: *economía ecológica, cuencas, Oaxaca.*

Abstract. *Economic valuation of ecosystem services requires different methodologies and to include ecosystem dynamics. A case study in Tonameca watershed, shows the link between production functions, contingent valuation and trophic analysis to include the value of ecosystem services into the economy.*

Keywords: *ecological economics, watershed, Oaxaca.*



INTRODUCCIÓN

Los servicios ambientales son las condiciones y procesos por los cuales los ecosistemas y sus especies sostienen el bienestar humano (Daily 1997, MEA 2005); es decir, corresponden a los procesos que mantienen los bienes y servicios que la gente considera importantes (Chee 2004). Los servicios

ambientales han sido abordados desde diferentes disciplinas, tales como la ecología, la economía y la política, entre otras, y por lo tanto existe una amplia variedad de metodologías para estudiarlos (Boyd y Banzhaf 2007). Los servicios ambientales pueden dividirse en aquellos que proveen bienes naturales,

en los que regulan los procesos naturales y en los que generan beneficios indirectos, como los ecosistémicos y los culturales (MEA 2005). El 60% de los servicios ecosistémicos están siendo degradados o utilizados de manera no sustentable (MEA 2005). Existe una interrelación entre los servicios ambientales por lo que la degradación de uno de ellos puede generar efectos graves en otros así como en los ecosistemas (MEA 2005). Por lo tanto, es pertinente orientar estudios que relacionen varios servicios ambientales entre sí y con el bienestar humano.

En este sentido, la economía ecológica es una ciencia que permite relacionar varios servicios ambientales con aspectos económicos, debido a que es una disciplina que busca la integración de la ecología con la economía.

La economía ecológica es una ciencia que considera a la economía como parte de un sistema global (Martínez y Jusmet 2000) y se interesa en diversos temas: modelos que integren variables económicas y ecológicas, equidad, indicadores locales y globales, límites de uso de los recursos naturales, comercio y desarrollo, valuación económica e instrumentos de política ambiental (ISEE 2007).

La economía ecológica busca la integración de la dinámica de los ecosistemas en los distintos instrumentos de política ambiental. Es decir, busca una coevolución de la economía, la ecología y las ciencias políticas (Martínez y Jusmet 2000), para lo cual es necesario generar nuevos conceptos y metodologías (Curtis 2004).

El presente documento revisa brevemente el estudio de los servicios ecosistémicos en la economía ecológica. En particular, se enfoca en la valuación económica de los servicios ambientales y sugiere que el uso de diversas metodologías ayuda a lograr un mejor vínculo entre la economía y la ecología. También se presenta un estudio de caso en la cuenca del río Tonameca localizado en el estado de Oaxaca, México, que ejemplifica en un modelo de economía

ecológica de qué manera se pueden vincular varias metodologías de valuación económica con el análisis del ecosistema.

LOS SERVICIOS AMBIENTALES Y LA ECONOMÍA ECOLÓGICA

La economía ecológica se ha interesado en los servicios ambientales desde diferentes perspectivas, como la valuación económica, las cuentas nacionales y la evaluación del pago por servicios ambientales.

La valuación económica de los servicios ecosistémicos es, sin duda, uno de los principales temas en economía ecológica con alrededor de 180 artículos publicados en la revista periódica *Ecological Economics* (Winkler 2006).

Las metodologías de valuación económica son diversas (Martínez y Jusmet 2000; Chee 2004) y unas de las más utilizadas son la valuación contingente (Turpie 2003), el costo de viaje (Menkhaus y Lober 1996) y la función producción (Barbier y Strand 1998). La valuación contingente es la disponibilidad a pagar o a ser compensado por un servicio ambiental que, por lo general, no tiene un precio en el mercado o bien que tiene uno que no refleja los costos de conservación. El costo de viaje estima el valor de un servicio ecosistémico en función del costo monetario para llegar al sitio visitado. Finalmente, la función producción es una metodología que estima la cantidad generada de un servicio en función de los insumos utilizados. Cada una de las metodologías tiene ventajas y desventajas (cuadro 1). La valuación contingente, por ejemplo, ha recibido muchas críticas relacionadas con errores conceptuales, metodológicos y estadísticos (Venkatamachalam 2004); sin embargo, permite determinar valores que no están en el mercado así como la opinión de los encuestados. Aunado a ello, la valuación contingente permite no sólo establecer valores de no uso, sino también determinar la disponibilidad a aceptar un cambio en la calidad ambiental y con ello determinar cuáles son los principales atributos

ecológicos para el consumidor. Por otro lado, el costo de viaje presenta el inconveniente que establece una relación lineal entre el costo de viaje y el número de visitantes, que es difícil encontrar lugares sustitutos, y no es aplicable a los lugares radiales de los destinos principales (Avila y Martin, en prensa). La función producción de una actividad, en cambio, tiene la ventaja de que permite incorporar variables ecológicas en la producción de algún bien y con ello darle un valor a un atributo ecológico que no lo tenía; sin embargo, es necesario tener información sobre el ecosistema.

La valuación económica de los servicios ambientales ha hecho esfuerzos por incorporar la estructura y función de los ecosistemas, así como los valores culturales o estéticos; pero dichos esfuerzos no han sido suficientes (Winkler 2006). Además, los estudios sobre valuación económica se han abocado, por lo general, a estudiar un solo servicio ecosistémico. La combinación de algunas de estas metodologías permitiría potenciar las ventajas de las mismas, así como

vincular varios servicios ambientales. Por ejemplo, en la valuación económica de los servicios ecosistémicos del manglar, la función producción de la pesca permitiría incorporar el aporte de nutrientes del manglar como insumos para la producción pesquera y la valuación contingente permitiría conocer la disponibilidad a pagar de un turista por el valor escénico del mangle. De esta manera el uso de dos metodologías permite obtener el valor de los distintos servicios ambientales generados por un manglar.

La economía ecológica también se ha interesado en incorporar a los servicios ambientales en las cuentas nacionales (Howarth y Farber 2002; Matete y Hassan 2006; Boyd y Banzhaf 2007), planteando incluso la necesidad de redefinir el concepto, para que la cuantificación de los mismos sea compatible con otras medidas de la macroeconomía. En este sentido, se ha planteado incluso la necesidad de proponer indicadores distintos a los convencionales, como el Producto Interno Bruto (Norgaard 2007). La

CUADRO 1. ALGUNAS CRÍTICAS A LAS PRINCIPALES METODOLOGÍAS DE VALUACIÓN ECONÓMICA

COSTO DE VIAJE	FUNCIÓN PRODUCCIÓN	VALUACIÓN CONTINGENTE
<ul style="list-style-type: none"> • Relación lineal entre número de visitas y costo de viaje • Es difícil encontrar lugares sustitutos • El tiempo de viaje representa un costo de oportunidad que debe incorporarse • Si el costo de viaje se aplica a lugares radiales al principal destino se incurre en errores • El costo de viaje se utiliza generalmente para varios días de viaje 	<ul style="list-style-type: none"> • Se requieren de preferencias series de tiempo por lo que la información ecológica no siempre puede incorporarse • No siempre existe una forma funcional o los parámetros para relacionar la variable ambiental y la producción • Por lo general se ha incorporado una sola variable ecológica 	<ul style="list-style-type: none"> • Los resultados varían en función de la información que se le da a la persona, de la manera en que se pregunta la disponibilidad a pagar, de la secuencia de las preguntas, del ingreso, de las experiencias previas, así como de factores culturales y psicológicos • Es importante distinguir entre la valuación de un bien en particular o de un conjunto de atributos • La disponibilidad a pagar y la disponibilidad a aceptar no son siempre sustitutos

Fuente: elaboración propia basada en Avila y Martin en prensa.

incorporación de los servicios ecosistémicos a las cuentas nacionales es una tarea difícil debido a que en muchas ocasiones no existe un valor económico de los mismos por lo que la valuación económica de dichos servicios es necesaria.

El pago por servicios ambientales como un instrumento de política pública ha sido poco evaluado. Existen solo algunos estudios encaminados a identificar las problemáticas de este instrumento (Kosoy 2007, Pagiola 2007), pero no existe en México una evaluación integral, debido en parte a que el programa es muy reciente. Los aspectos relevantes que se han identificado para un buen funcionamiento del programa de pago por servicios ambientales se relacionan con el monto de compensación, con las metodologías para medir los costos de oportunidad, con las percepciones de la gente, con aspectos culturales y educativos, así como con el involucramiento de distintas instituciones participantes en la operación de estos programas (Kosoy 2007, Pagiola 2007). El monto de la compensación debería reflejar no sólo el costo de oportunidad sino también el valor de los servicios ambientales, por lo que la valuación económica de los mismos es recomendable.

Los párrafos anteriores revelan que la valuación económica de los servicios ambientales es indispensable para incorporar el valor de los mismos en la economía y evitar su degradación. Aunado a ello, se ha recalcado que es recomendable el uso de diversas metodologías para internalizar el valor de diversos servicios ambientales. En los distintos ámbitos de la economía ecológica se han utilizado ciertas variables ecológicas como el índice de biodiversidad, las toneladas de carbono o la cobertura vegetal; sin embargo, resulta difícil incorporar la dinámica de un ecosistema. No se pretende en este escrito hacer una comparación de estos enfoques, aunque es pertinente resaltar que el análisis de la cadena trófica permite analizar el sistema en su conjunto. Por tanto, es un enfoque interesante de explorar.

Por otro lado, tal como se mencionó anteriormente, la función producción permite incorporar las funciones ecológicas en la economía y con ello adjudicarles un valor; y la valuación contingente obtener la disponibilidad a pagar de un servicio ambiental. La integración de distintas metodologías, como el análisis de cadenas tróficas, la función producción y la valuación contingente en un modelo de economía ecológica es una propuesta metodológica para el estudio de los servicios ambientales.

ESTUDIO DE CASO: LA CUENCA TONAMECA, OAXACA, MÉXICO

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La cuenca del río Tonameca se localiza en la costa sur de México, en el estado de Oaxaca. La cuenca mide 49,800 ha, cuenta con 28,000 habitantes y tiene una precipitación anual de 1,200 mm. Los principales tipos de vegetación son el bosque de pino, el bosque de encino, la selva baja caducifolia y el bosque de manglar. Las principales actividades económicas son la agricultura, la pesca y el ecoturismo. La agricultura se encuentra a lo largo de la cuenca y es en su mayoría de subsistencia; el cultivo de café se localiza en la parte alta de la cuenca. La pesca es una actividad de subsistencia y se lleva a cabo en la desembocadura del río. El ecoturismo se lleva a cabo principalmente en una comunidad que se localiza en las cercanías de una pequeña laguna costera llamada Ventanilla. Los servicios ecosistémicos abarcados en este estudio son los bienes derivados de la agricultura, de la pesca, la belleza escénica y la calidad del agua.

DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE ECONOMÍA ECOLÓGICA

El estudio realizado por Avila-Foucat (2006) presenta un modelo de economía ecológica para la cuenca Tonameca en el que se combinan la función producción

con el análisis de cadenas tróficas y la disponibilidad a aceptar un cambio ambiental. El objetivo del estudio es hacer un modelo que incorpore la dinámica del ecosistema y utilice diversas metodologías de valuación económica. También se trata de determinar la externalidad de la agricultura hacia el ecoturismo y la pesca y buscar un óptimo desarrollo de las tres actividades. Es decir, establecer de qué manera la contaminación generada por el uso de fertilizantes en la agricultura afecta al ecosistema de manglar y por consiguiente al ecoturismo y a la pesca.

El consumo de urea en el mundo ha aumentado considerablemente y representa el principal fertilizante en las zonas rurales de México (Maene 2001). Estimaciones internacionales para diferentes ecosistemas han demostrado que 20% de la urea adicionada al suelo llega al agua (Vinten y Smith 1993). También se estima que el lavado del café produce grandes cantidades de nitrógeno y se ha supuesto que se generan 15 mg/L de nitrógeno durante este proceso (Agencia de Medio Ambiente 2001). Por ello, en el modelo presentado la descarga de fertilizantes en el agua se estimó considerando 20% de la urea aplicada y 15 mg de nitrógeno por litro utilizado en el lavado de café. La descarga de fertilizantes provoca un cambio en la concentración de nitrógeno en el agua y en la laguna costera, generando un cambio en la biomasa de distintos componentes de la cadena trófica. Los cambios en la biomasa del fitoplancton debido al aporte de nitrógeno se estimaron utilizando la ecuación de Monod (1942) (Flynn 2003) que describe un crecimiento logístico del fitoplancton en función de los nutrientes disponibles en el agua. El cambio en la biomasa del manglar se estimó utilizando la relación establecida por Onuf (1977), que indica que bajo altas concentraciones de nitrógeno hay un incremento en la biomasa del manglar del 30%. Los efectos del cambio de biomasa del manglar y del fitoplancton en la cadena trófica fueron analizados con el programa Ecopath con Ecosim. El programa Ecopath es un mo-

delo de equilibrio de masas, en donde la producción es igual al consumo. Ecosim es una versión dinámica del Ecopath que permite visualizar los cambios de biomasa de los distintos componentes de la cadena trófica a largo plazo.

De manera paralela se determinó cuál es el principal atributo ecológico que determina la llegada de los visitantes (ecoturistas) a la laguna de Ventanilla. Lo antes mencionado se hizo determinando la probabilidad de regresar al sitio en función de la calidad de los atributos ecológicos (Avila y Martin en prensa). El atributo más importante para el turista será aquél por el que tenga una menor disponibilidad a aceptar un deterioro. Para ello, se utilizó la metodología de valuación contingente, y se preguntó la disponibilidad a aceptar un cambio en la cobertura de manglar, en la población de cocodrilo o en la diversidad de aves para regresar al sitio. Los cambios en la biomasa de los atributos ecológicos, debido a un mayor aporte de fertilizantes, pueden observarse en el análisis de la cadena trófica. Una vez obtenido el principal atributo ecológico para el visitante, este atributo, es considerado como el principal insumo natural para la producción ecoturística. Por lo tanto, los cambios en la biomasa de dicho atributo afectarán la producción ecoturística y las ganancias percibidas por dicha actividad. El modelo, combina dos metodologías de valuación económica, la función producción y la valuación contingente así como el análisis de cadenas tróficas.

La función producción de la agricultura y de la pesca también se restringen a insumos naturales. La producción agrícola depende de la disponibilidad de agua, del uso de fertilizantes y del capital humano. La producción pesquera depende de la biomasa de peces y del esfuerzo pesquero. La biomasa de peces depende a su vez de la cantidad de fitoplancton y ésta varía en función de los nutrientes (en particular nitrógeno) en el agua. De esta manera, tanto la agricultura como la pesca se ven afectadas por el uso de fertilizantes;

de igual forma que los impactos para el ecoturismo pueden verse en el análisis de la cadena trófica que describe los efectos del cambio de la biomasa del fitoplancton en la biomasa de peces.

Finalmente, la autora realiza una optimización de la actividad agrícola, ecoturística y pesquera para medir las externalidades entre cada actividad, así como el nivel de desarrollo óptimo de cada una.

RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DEL MODELO

Los resultados del trabajo muestran que la calidad del agua no presenta niveles máximos de contaminación. Por otro lado, el análisis económico indica que el principal atributo para los ecoturistas son los cocodrilos, y que las ganancias del sector dependerán de dicha población (Avila y Martin en prensa). Con respecto a la pesca, si aumenta el nitrógeno en la laguna, las ganancias del sector aumentan a corto plazo.

El estudio muestra que las externalidades de la agricultura a la pesca y el ecoturismo dependen del nivel de nitrógeno en el agua generado por el uso de los fertilizantes agrícolas. La maximización de las ganancias permite determinar el nivel óptimo de nitrógeno en la laguna. También muestra de qué manera se pueden incorporar el análisis de la cadena trófica a la función producción, y cómo se puede combinar la función producción y la valuación contingente en un modelo para internalizar el valor de los servicios ambientales. El modelo internaliza el valor de los bienes derivados de la agricultura y de la pesca, así como la belleza escénica y la calidad del agua en la economía de la cuenca.

CONCLUSIÓN

La economía ecológica aborda desde distintos ámbitos el estudio de los servicios ecosistémicos, como la valuación económica, las cuentas ambientales y la evaluación del pago por servicios ambientales.

La incorporación de la complejidad de los servicios ambientales, y en particular de las funciones ecológicas, es un reto a vencer. Los modelos de economía ecológica permiten combinar distintas metodologías para incorporar variables ecológicas y económicas. En este documento se describe un estudio de caso en la cuenca del río Tonameca ubicado en la costa de Oaxaca, en donde se presenta un modelo de economía ecológica que integra el análisis de cadenas tróficas, la disponibilidad a aceptar un cambio ambiental y la función producción. El modelo utiliza diversas metodologías de valuación económica para incorporar la dinámica del ecosistema y valorar diferentes servicios ecosistémicos con la finalidad de determinar los niveles óptimos de desarrollo de la agricultura, la pesca y el ecoturismo.

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de Medio Ambiente. 2001. *Metodología para la evaluación aproximada de la carga de contaminante*. La Habana, Cuba. 30 pp.
- Avila Foucat, V. S. 2006. Ecological-economic model for integrated watershed management in Tonameca Oaxaca, Mexico. Tesis de doctorado. York University, York.
- Avila Foucat, V. S. y J. L. Eugenio Martin. En prensa. Linking environmental quality changes and tourism demand with the repeat visits method. En: R. Brau, A. Lanza y S. Usai (eds.). *The economics of tourism and sustainable tourism*. Edward Elgar.
- Barbier, E. B. y I. Strand. 1998. Valuing mangrove-fishery linkages. *Environmental and Resource Economics* 12: 151-166.
- Boyd, J. y S. Banzhaf. 2007. What are ecosystem services? the need for standardized environmental accounting units. *Ecological Economics* 63: 616-626.
- Curtis, I.A. 2004. Valuing ecosystem goods and services: a new approach using a surrogate market and the combination of a multiple criteria analysis and a

- Delphi panel to assign weights to attributes. *Ecological Economics* 50: 163-194.
- Chee, Y. E. 2004. An ecological perspective on the valuation of ecosystem services. *Biological Conservation* 120: 549-565.
- Daily, G. C. 1997. *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. Island Press, EE.UU. 200 pp.
- Flynn, K. J. 2003. Modelling multi-nutrient interactions in phytoplankton balancing simplicity and realism. *Progress in Oceanography* 56: 249-279.
- Howarth R. B. y S. Farber. 2002. Accounting for the value of ecosystem services. *Ecological Economics* 41: 421-429.
- International Society of Ecological Economics (ISEE). 2007. www.ecoeco.org.
- Kosoy, N, M. Martinez-Tuba, R. Muradian y J. Martinez-Alier. 2007. Payments for environmental services in watersheds: insights from a comparative study of three cases in Central America. *Ecological Economics* 61: 446-455.
- Maene L. M. 2001. Production and marketing of fertilizers. 12th World Fertilizer Congress of CIEC. Fertilization in the Third Millennium. Fertilizer, Food Security and Environmental Protection. International Fertilizer Industry Association. Disponible en: www.fertilizer.org/ifa/publication, Beijing. Pp: 1-11.
- Martínez, A. J. y J. R. Jusmet. 2000. *Economía ecológica y política ambiental*. Fondo de Cultura Económica, PNUMA, México. 487 pp.
- Matete, M y R. Hassan. 2006. Integrated ecological economics accounting approach to evaluation of inter-basin water transfers: an application to the Lesotho Highlands water Project. *Ecological Economics* 60: 246-259.
- Menkhaus, S y D. J. Lober. 1996. International ecotourism and the valuation of tropical rainforests in Costa Rica. *Journal of Environmental Management* 47:1-10.
- Millenium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Biodiversity Synthesis*. World Resource Institute, EE.UU. 155 pp.
- Norgaard, R. B. 2007. *Collectively understanding socio-ecological systems: lessons from the Millenium Ecosystem Assessment*. European Society of Ecological Economics, Leipzig, Alemania.
- Onuf, C.P, J. M. Tea y I. Valiela. 1977. Interactions of nutrients, plant growth and herbivory in a mangrove ecosystem. *Ecology* 58: 514-526.
- Pagiola, S., E. R., J. Gobbi, C. de Haan, M. Ibrahim, E. Murgeitio y J. P. Ruíz. 2007 (en prensa). Paying for the environmental services of silvopastoral practices in Nicaragua. *Ecological Economics*.
- Turpie, J. K. 2003. The existence value of biodiversity in South Africa: how interest, experience, knowledge, income and perceived levels of threat influence local willingness to pay. *Ecological Economics* 46: 199-216.
- Venkatachalam, L. 2007. Environmental economics and ecological economics: where they can converge? *Ecological Economics* 61: 550-558.
- Venkatachalam, L. 2004. The contingent valuation method: a review. *Environmental Impact Assessment Review* 24: 89-124.
- Vinten, A. J. A. y K. A. Smith. 1993. Nitrogen cycling in Agricultural soils. En: T. P. Burt, A. L. Heathwaite y S.T. Trudgill (eds.). Nitrate: Processes, patterns and management. John Wiley and Sons Ltd., West Sussex, Inglaterra. Pp. 39-75.
- Winkler, R. 2006. Valuation of ecosystem services. Part 1: an integrated dynamic approach. *Ecological Economics* 59: 82-93.