

# Los servicios ecosistémicos del bosque templado lluvioso: producción de agua y su valoración económica

Carlos E.Oyarzún<sup>1,4</sup>, Laura Nahuelhual<sup>2,4</sup> y Daisy Núñez<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geociencias, <sup>2</sup>Instituto de Economía Agraria, <sup>3</sup>Doctorado en Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, <sup>4</sup>FORECOS, Iniciativa Científica Milenio, MIDEPLAN, Chile.

E-mail: coyarzun@uach.cl

## LOS BOSQUES TEMPLADOS LLUVIOSOS

Chile posee una de las mayores superficies de bosques templados lluviosos del mundo. Los bosques templados lluviosos del sur de Chile y parte de Argentina, localizados entre los 35° y 48° S, corresponden a la Ecorregión del Bosque Lluvioso Valdiviano que ha sido recientemente incluida entre las ecorregiones más amenazadas del mundo por la Iniciativa 200 de WWF (World Wildlife Fund) y el Banco Mundial (Dinerstein 1996). Estos ecosistemas boscosos soportan funciones ecológicas fundamentales a nivel local y global, como el reciclaje de nutrientes, protección de los suelos, conservación de la biodiversidad, regulación climática y control hidrológico. Dichas funciones sustentan importantes servicios ecosistémicos que son la base para diversas actividades económicas, tales como producción de agua para las ciudades, acuicultura, pesca deportiva y ecoturismo. Y finalmente también proveen de productos forestales madereros y no-madereros (Daily 1997, Bishop 1999, Pearce 2001).

Históricamente, los bosques nativos en Chile han sido considerados casi exclusivamente como una fuente de madera y como tierras para la expansión de la agricultura y ganadería después de la deforestación

y quema. Durante las últimas décadas estos bosques nativos han sido reemplazados masivamente por plantaciones exóticas de *Pinus radiata* y *Eucalyptus* spp. Para el período 1974-1992, Lara et al. (1995) señalan que 200.000 ha de bosques nativos se han convertido en plantaciones exóticas, especialmente en la cordillera de la Costa del centro-sur de Chile. Estimaciones actuales indican que solamente entre el 10 y 20% de los bosques nativos están adecuadamente manejados, mientras que la mayoría están siendo destruidos o degradados, provocando impactos negativos sobre los servicios ecosistémicos (Lara et al. 2002). La destrucción de los bosques y la conversión a plantaciones tienen externalidades ambientales significativas, tales como el aumento de la erosión del suelo, el desbalance en la regulación hídrica y la reducción de la calidad del agua, así como impactos sociales negativos sobre las comunidades locales (Lara y Veblen 1993).

Bajo un escenario de cambio climático global, el abastecimiento de agua en cantidad y calidad se convierte en una de las principales funciones ecosistémicas de los bosques. La Alianza para la Conservación y Uso Sustentable del Bosque del Banco Mundial y WWF, en su informe sobre la importancia de los bosques para el abastecimiento de agua potable a ciudades, enfatiza el rol potencial de áreas protegidas en la mantención del

Recibido: 29 de enero de 2005

Aceptado: 29 de abril de 2005

abastecimiento de agua en las principales ciudades del mundo (WWF 2003). Este escenario plantea desafíos importantes en el diseño de una política forestal capaz de balancear necesidades humanas múltiples y el manejo sustentable de los recursos forestales que asegure un flujo continuo de los múltiples bienes y servicios ecosistémicos que el bosque nativo provee. Dentro de este contexto las estimaciones de valor económico a partir de estudios de valoración ambiental pueden entregar información relevante al proceso de toma de decisiones respecto del mejor uso del bosque nativo en Chile.

Entre los objetivos del Núcleo Milenio FORECOS (Servicios Ecosistémicos del Bosque Nativo hacia los Sistemas Acuáticos bajo Fluctuaciones Climáticas) de la Universidad Austral de Chile, está la evaluación de la regulación hidrológica como servicio ecosistémico de los bosques nativos, los efectos que provoca la sustitución por plantaciones exóticas de crecimiento rápido y la estimación de su valor económico indirecto a actividades económicas como la producción de agua potable. Algunos de estos resultados se presentan en este trabajo.

## LOS BOSQUES Y SU ROL HIDROLÓGICO

El rol de los bosques en el ciclo hidrológico ha estado en discusión desde hace mucho tiempo (Andreassian 2004). En general, los estudios relacionados con el impacto de los bosques sobre los flujos de agua se han realizado principalmente en Estados Unidos y Europa (por ejemplo, Hornbeck *et al.* 1993, Robinson *et al.* 2003). Resultados recientes (Robinson *et al.* 2003) conducidos bajo condiciones reales de manejo forestal, muestran que el potencial de los bosques para reducir los caudales máximos y los caudales base es mucho menor de lo que se había presumido en el pasado, especialmente en grandes cuencas hidrográficas. Pareciera que el impacto de los cambios de cobertura vegetal sobre el rendimiento hídrico es más importante en cuencas de mediano y pequeño tamaño.

En la actualidad es ampliamente aceptado que los bosques de coníferas impactan negativamente sobre los recursos hídricos; especialmente la reforestación con dichas especies se traduce en una disminución del rendimiento hídrico (Bosch y Hewlett 1982, Putuhena

### Bajo un escenario de cambio climático global, el abastecimiento de agua en cantidad y calidad se convierte en una de las principales funciones ecosistémicas de los bosques.

y Cordery 2000). La sustitución de bosques nativos por plantaciones exóticas de crecimiento rápido es la causa de la reducción del rendimiento hídrico en pequeñas cuencas. Esto se debe principalmente a las mayores tasas de evapotranspiración de estas plantaciones, comparadas con árboles nativos, llevando a una reducción del drenaje superficial y subsuperficial que alcanzan los esteros. Algunas especies, que no son coníferas, como *Eucalyptus sp.*, pueden tener también un alto consumo de agua. Estudios realizados en el sur de la India indican que el consumo de agua por evapotranspiración en plantaciones de *Eucalyptus sp.* excede el ingreso de agua vía precipitaciones, con obvias implicancias para la recarga del suelo y subsuelo (Calder *et al.* 1997). En el sur de Chile, Otero *et al.* (1994) encontraron, durante un período de verano, que el rendimiento hídrico de dos cuencas plantadas con *Pinus radiata* de 8 a 16 años de edad fue menor en un 28% con respecto a otras dos cuencas con bosque nativo adulto y renovales de roble.

También los impactos hidrológicos de los bosques dependen de las condiciones climatológicas y del contexto pedológico del lugar. Por ejemplo, los bosques de montaña localizados en regiones con precipitaciones anuales mayores a 3.000 mm, y donde el aporte de agua mediante nubes y neblina es importante, pueden ser considerados como “productores” de agua, ya que la deforestación podría significar una disminución de los caudales de base (Ingwersen 1985). En Venezuela, Ataroff y Rada (2000) demostraron que la eliminación del bosque nuboso andino, por su posterior conversión a praderas, se tradujo en una reducción del rendimiento hídrico, debido a que se pierde el equivalente a un mes extra de lluvia por la menor captura del agua proveniente de las nubes.

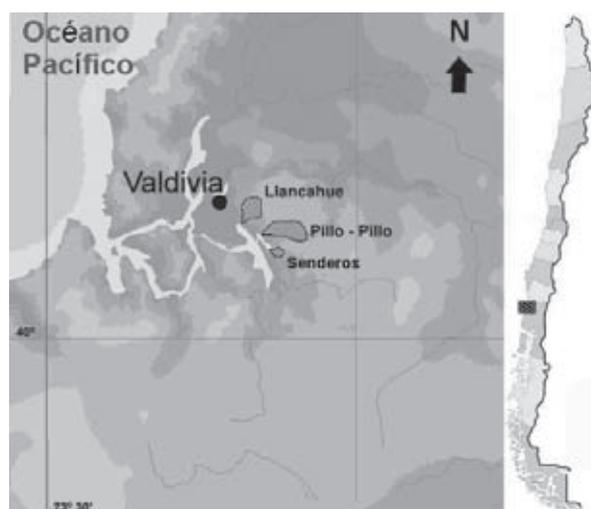
### BOSQUES DE LA CORDILLERA DE LA COSTA DEL SUR DE CHILE: UN CASO DE ESTUDIO

En el año 2002 el Núcleo Científico Milenio FORECOS comenzó un programa de estudio para establecer los balances hídricos de pequeñas cuencas situadas entre los 39° 30' S y 41° 30'. O en la cordillera de los Andes, valle central y cordillera de la Costa. Los objetivos de este programa son establecer los efectos de los cambios

de uso del suelo en el rendimiento hídrico y la calidad del agua. En este artículo se presentan los resultados del rendimiento hídrico de dos pequeñas cuencas: una con bosque nativo (Senderos) y otra plantada con *Pinus radiata* (Pillo-Pillo), localizadas en la cordillera de la Costa, 15 km al sureste de la ciudad de Valdivia (39° 45' S, 73° 15' O). Las dos cuencas son homogéneas en términos de basamento rocoso, suelos, topografía y clima. La cuenca Senderos posee un 84,0 % de su superficie con renovales de bosque nativo, un 5,3 % con bosque nativo adulto, un 3,8 % con *Eucalyptus* sp. y el restante 3,5 % con praderas. La cuenca Pillo-Pillo posee un 54,9 % de su superficie con *Pinus radiata*, un 29,6 % con bosque nativo y un 5,4 % con praderas (Figura 1).

Los resultados del estudio hidrológico muestran que la sustitución del bosque nativo por plantaciones exóticas disminuye el rendimiento hídrico de una cuenca. En la Tabla I se muestran dos años de monitoreo del balance entrada-salida de agua, observándose una diferencia significativa en los caudales totales entre la cuenca Senderos (QT = 3528 - 3254 mm) y Pillo-Pillo (QT = 2477 - 2383 mm). Sin embargo, un análisis más detallado, considerando los caudales generados por las precipitaciones, muestra una diferencia mayor entre la cuenca Senderos (QP = 1263 - 1073 mm) y la cuenca Pillo-Pillo (QP = 683 - 669 mm). Considerando que en la zona centro-sur de Chile las plantaciones exóticas interceptan menores cantidades de agua (~ 15%) que el bosque nativo (~ 30 %) (Huber e Iroumé 2001), es posible suponer que las diferencias en el rendimiento hídrico

Figura 1. Localización de las cuencas en estudio.



entre las dos cuencas se deben a las distintas tasas de evapotranspiración de las coberturas vegetales. Oyarzún y Huber (1999) han demostrado una disminución acelerada de las reservas de agua del suelo en plantaciones jóvenes de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*, a medida que los árboles crecen. Esto es concordante con el modelo de Kuczera (Vertessy et al. 2001) donde se demuestra una reducción acelerada del rendimiento hídrico en cuencas con plantaciones de *Eucalyptus regnans*, hasta los 25 años de edad. También otros investigadores (Calder et al. 1997) han mostrado que las plantaciones exóticas de *Eucalyptus* sp. pueden extraer agua del suelo hasta aproximadamente siete metros de profundidad,

Tabla I. Valores de precipitación (P), escorrentía total (QT) y escorrentía superficial (QP), para los periodos de primavera (oct-dic), verano (ene-mar), otoño (abr-jun) e invierno (jul-sep).

PERÍODOS	P (mm)	CUENCA SENDEROS		CUENCA PILLO-PILLO	
		QT (mm)	QP (mm)	QT (mm)	QP (mm)
Primavera 2002	592	1363	545	748	223
Verano 2003	131	442	157	237	7
Otoño 2003	640	597	232	614	166
Invierno 2003	651	1126	329	878	287
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>2014</b>	<b>3528</b>	<b>1263</b>	<b>2477</b>	<b>683</b>
Primavera 2003	339	674	256	478	130
Verano 2004	32	241	43	248	10
Otoño 2004	994	1053	350	637	219
Invierno 2004	839	1291	424	1018	310
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>2204</b>	<b>3254</b>	<b>1073</b>	<b>2383</b>	<b>669</b>

afectando las reservas profundas del suelo. Otra característica importante en el comportamiento hidrológico de ambas cuencas, es que en la cuenca con plantaciones, los períodos con bajos caudales son más prolongados que en la cuenca con bosque nativo (Fig. 2). Es así que, durante el período 2002-2003, en la cuenca Senderos el período con más bajos caudales se extiende desde mediados de marzo hasta fines de mayo, mientras que en la cuenca Pillo-Pillo se extiende desde principios de enero hasta fines de mayo, y durante el período 2003-2004 la situación es similar. Esto significa que en la cuenca con bosque nativo las reservas de agua del suelo permanecen sin agotarse un mayor período de tiempo que en la cuenca con plantaciones.

### ABASTECIMIENTO DE AGUA COMO SERVICIO ECOSISTÉMICO DEL BOSQUE NATIVO Y SU VALOR ECONÓMICO

De Groot *et al.* (2002) definen el abastecimiento de agua por parte de los bosques como “la filtración, retención y almacenamiento de agua en esteros, lagos y acuíferos”. La función de filtración está mayormente relacionada con la vegetación y el componente biótico del suelo, mientras que las funciones de retención y filtración dependen además de las características específicas de un sitio, como por ejemplo la topografía. Los servicios ecosistémicos asociados a esta función se relacionan con el abastecimiento y uso del agua fresca por parte de hogares, la agricultura y la industria (De Groot *et al.* 2002). La conversión de los bosques nativos a otros usos de suelo como agricultura y plantaciones, afectan el abastecimiento de agua de manera significativa, lo que está bien documentado en la literatura. A su vez, estas variaciones en la provisión de agua pueden afectar actividades económicas relacionadas con el uso consuntivo y la producción de bienes de mercado, como el agua potable. Los cambios en la producción de bienes de mercado a su vez son transmitidos a la sociedad a través del sistema de precios, afectando el bienestar de las personas.

Un enfoque de valoración económica que aborda la relación entre un recurso natural y las actividades económicas que este sustenta, es el método de cambio en productividad. Desde una perspectiva económica, este método relaciona cambios en el bienestar humano derivados de la producción incremental de un bien de mercado, con cambios medibles en la cantidad y/o calidad de un recurso natural (Müller

1992). El primer paso al implementar este enfoque de valoración consiste en determinar los efectos físicos de un cambio en la provisión de un recurso natural o de una función ecológica sobre una actividad económica. Posteriormente, al impacto medido en cantidades físicas del bien de mercado se le asigna un valor monetario usando los precios de mercado de dicho bien (Barbier 2000).

### VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN DE AGUA FRESCA PARA EL CONSUMO HUMANO: EL CASO DE LA CUENCA DE LLANCAHUE

Otra de las líneas de investigación del Núcleo FORECOS, a partir del año 2003, es la valoración económica del bosque nativo en términos de su capacidad para abastecer de agua a las poblaciones humanas. Para ello se eligió la cuenca Llancahue ubicada dentro de la Ecorregión del Bosque Lluvioso Valdiviano, en la Décima Región de Los Lagos, que cubre una superficie aproximada de 1.300 hectáreas. Tiene un 60 % de bosque nativo adulto de los tipos forestales siempreverde y roble-raulí-coihue, un 24% de renovals nativos y un 13 % de matorrales y áreas abiertas (Donoso *et al.* 2003). Llancahue constituye prácticamente uno de

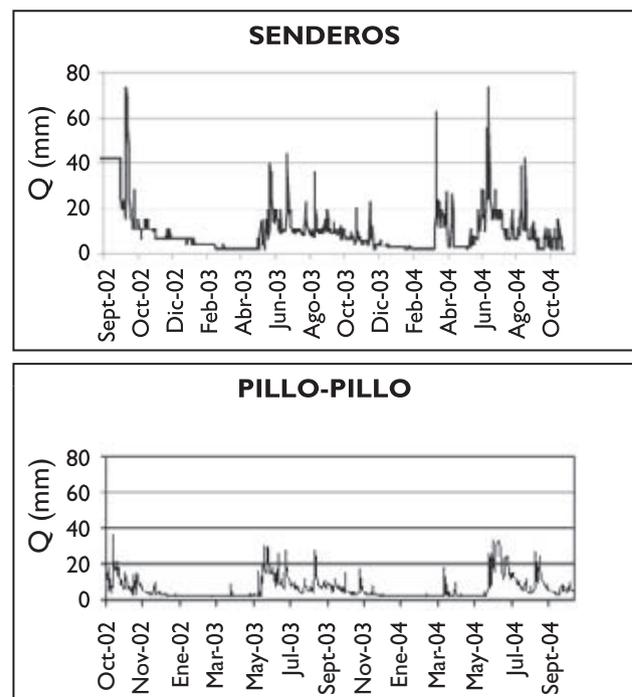


Figura 2. Variaciones diarias del caudal de una microcuenca con bosque nativo (Senderos) y otra sustituida con plantaciones de *Pinus radiata* (Pillo-Pillo).

los últimos relictos del tipo forestal siempreverde de la cordillera de la Costa del sector sur de la ciudad de Valdivia (Fig. 1). Por este motivo ha sido asignado como una de las 40 áreas prioritarias para la conservación de ecosistemas naturales en la Décima Región (Lara et al. 2002). Además de su importancia para la conservación de la biodiversidad, Llancahue representa la principal fuente abastecedora de agua potable de Valdivia, especialmente en la temporada otoño-invierno.

Para determinar el valor económico del bosque nativo de la cuenca se estimó una función de producción que relaciona la generación de agua potable como bien de mercado con una serie de insumos, entre los que se incluyen la energía eléctrica, elementos para la potabilización y el agua proveniente del estero Llancahue, que representa el servicio ecosistémico del bosque nativo de la cuenca. La medida de valor económico obtenida a través de esta función corresponde al cambio en productividad marginal del agua del estero valorado al precio de mercado del agua potable. Esto significa que el valor económico está dado por el cambio físico en producción de agua potable medida en metros cúbicos anuales, resultante de un cambio en la producción de agua del estero, que a su vez se origina de un cambio de uso de suelo en la cuenca.

A continuación se presentan resultados parciales de una primera investigación del Núcleo FORECOS en relación a la valoración económica del servicio ecosistémico de abastecimiento de agua por parte de los bosques nativos templados de la cuenca de Llancahue (Núñez 2004). Como tal, estos resultados constituyen una primera aproximación a la estimación del valor económico de este servicio ecosistémico.

Usando una función de producción lineal<sup>1</sup> se obtuvieron resultados de valor económico por metro cúbico de agua del estero Llancahue, por consumidor domiciliario (hogares) de la ciudad de Valdivia y por hectárea de bosque nativo de la cuenca. Las cifras obtenidas se pueden interpretar como la pérdida en valor económico resultante de un cambio en el uso de suelo en la cuenca de Llancahue, cada vez que una hectárea de bosque nativo es transformada a otro uso competitivo que limita la provisión de agua fresca en el estero, como la sustitución por especies exóticas. El valor por metro cúbico de agua del estero fue de \$ 11.

Esta cifra se convirtió en valores agregados, tomando en cuenta la producción total de agua potable en un año promedio durante el período de estudio, que abarcó series de tiempo entre enero de 1995 y diciembre de 2003. De este modo, si se considera una población de 33.000 hogares usuarios de agua potable para Valdivia generada en la cuenca de Llancahue, el valor anual del servicio ecosistémico fue de \$ 2.538 por hogar. Por otro lado, dada una superficie total de 1.117 hectáreas de bosque nativo de la cuenca, el valor anual por hectárea fue de \$ 74.971. Si este valor se extrapola a la superficie de 1.117 ha, se obtiene un valor anual de \$ 83.742.607 y que correspondería al valor de la cuenca de Llancahue asociado al servicio ecosistémico de abastecimiento de agua. Cabe destacar, además, que frente a una transformación de la cuenca a otros usos, estos valores corresponden a la pérdida de bienestar a perpetuidad.

## R E S U M E N

Se estudió el rendimiento hídrico de dos cuencas con distinta cobertura vegetal en el sur de Chile: una cuenca dominada por bosque nativo y otra dominada por plantaciones de *Pinus radiata* adulto. Además, se realizó una valoración económica del servicio ecosistémico de abastecimiento de agua por parte del bosque nativo para la población humana. Los resultados indicaron una reducción importante en el rendimiento hídrico en la cuenca con plantaciones exóticas, en comparación con la cuenca con bosque nativo. La valoración económica indicó una pérdida en bienestar resultante de un cambio de uso del suelo, cada vez que una hectárea de bosque es transformada a otro uso competitivo que limite la provisión de agua fresca.

**Palabras clave:** bosques templados, producción de agua, valoración económica

## A B S T R A C T

The water yield of two catchments with different landuse in the southern Chile was studied: a catchment dominated by native forest and other dominated by exotic plantations of *Pinus radiata*. Also, an economic valuation of the ecosystemic service of water supply by the native forest was estimated. The results shown a significance decrease in the water yield in the catchment with exotic plantations in comparison with native forests. The economic valuation indicated a loss in welfare as a result of the landuse change from native forest to other use that limited the fresh water availability.

**Keywords:** temperate forests, water supply, economic valuation

<sup>1</sup> El estudio de Núñez (2004) considera cuatro funciones distintas de producción. En este artículo solo se reportan los resultados obtenidos de la función lineal que produjo las menores estimaciones de valor económico por metro cúbico, por hogar y por ha.

En la literatura se pueden encontrar pocos estudios que reporten valores económicos para el servicio ecosistémico de abastecimiento de agua por parte de los bosques templados, dado que, en su mayoría, se trata de investigaciones realizadas en bosques tropicales usando distintos métodos de valoración económica. Por ejemplo, Kumari (1996), quien consideró el servicio ecosistémico de provisión de agua para irrigación de cultivos agrícolas por parte de bosques tropicales en Malasia, obtuvo un valor económico anual de US\$ 15/ha. En Brasil, Torras (2000) estimó el valor del servicio ecosistémico de regulación hídrica por parte de los bosques tropicales, obteniendo un valor anual de US\$ 19/ha, y Hernández *et al.* (2002) obtuvieron valores anuales de US\$ 202/ha para el mismo servicio, pero en bosques tropicales de Guatemala<sup>2</sup>.

Además de la comparación con investigaciones de similar naturaleza, es importante contextualizar los valores obtenidos en este estudio, comparándolos con el valor económico de los usos convencionales que hoy tienen los bosques nativos en Chile y que corresponden fundamentalmente a usos extractivos. Así por ejemplo, una familia rural en Chile, que posee 5 ha de bosque nativo adulto y renoval, puede generar ingresos netos anuales entre \$ 192.000/ha y \$ 330.000/ha por producción de carbón y madera aserrada respectivamente, usando técnicas convencionales de manejo silvícola (P. Donoso, comunicación personal, 2004).

Sin embargo, mientras los productos forestales maderables poseen precios y mercados bien definidos, el servicio ecosistémico de abastecimiento de agua no cuenta con un mercado que registre el valor que dicha función del bosque nativo tiene para la sociedad.

## CONCLUSIONES

Los resultados del estudio hidrológico han mostrado una reducción importante en el rendimiento hídrico en una cuenca con plantaciones exóticas de *Pinus radiata* comparada con una cuenca dominada por vegetación de bosque nativo. Estos datos constituyen

**Los resultados del estudio hidrológico han mostrado una reducción importante en el rendimiento hídrico en una cuenca con plantaciones exóticas de *P. radiata* comparada con una cuenca dominada por bosque nativo, en la cual las reservas de agua del suelo permanecen sin agotarse un mayor período de tiempo.**

un primer avance, ya que se han comparado solamente dos cuencas, para establecer una relación precisa entre la cobertura de bosque nativo de una cuenca y el abastecimiento de agua que es capaz de generar. Una vez establecida dicha relación, es posible valorar económicamente dicho servicio ecosistémico. Esto es particularmente importante bajo un escenario de cambio climático global donde las precipitaciones están mostrando una marcada declinación en las últimas décadas en el centro-sur de Chile, y donde las plantaciones han sustituido casi completamente a la vegetación nativa especialmente en la cordillera de la Costa.

Dada la importancia de los servicios ecosistémicos del bosque nativo, es vital estimular el desarrollo de estrategias de manejo innovadoras, que permitan maximizar los productos maderables y, al mismo tiempo, mantener e incrementar los otros bienes y servicios ecosistémicos que ofrece el bosque, y que en la actualidad no son considerados en la toma de decisiones en materia ambiental, porque no han sido cuantificados en términos físicos ni han sido valorados económicamente. Por otro lado, y una vez realizado el proceso de valoración económica, resulta imprescindible poder internalizar los valores económicos de los servicios ecosistémicos de los bosques nativos en sistemas formales de mercado, como por ejemplo los sistemas de pago por servicios ambientales.

Los resultados de este trabajo corresponden a la valoración de uno de los múltiples servicios ecosistémicos que entregan los bosques nativos, y como tales, deben ser considerados como un punto de partida hacia un esfuerzo sostenido de incorporar la valoración económica como herramienta de información en las decisiones de política ambiental relacionadas a la conservación, manejo y gestión sustentable de los bosques nativos templados en Chile.

Finalmente, con respecto a la valoración económica del servicio ecosistémico de abastecimiento de agua por parte del bosque nativo, los resultados presentados constituyen la base para una línea de

<sup>2</sup> En pesos chilenos las cifras reportadas corresponden a: \$ 9.900/ha (Kumari, 1996), \$ 12.543/ha (Torras, 2000), \$ 133.352/ha (Hernández *et al.* 2002), usando la tasa de cambio correspondiente a junio de 2004 (1 US\$=\$ 660).

investigación pionera que se está desarrollando en nuestro país. Este tipo de estudios se puede ampliar hacia otros ámbitos productivos de alto impacto en la economía y que sean altamente dependientes de algún insumo medioambiental, o hacia desarrollar nuevas estrategias de planificación territorial que incluyan a los servicios ecosistémicos del bosque nativo dentro de sus ejes estratégicos.

### Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento proporcionado por el Núcleo Milenio FORECOS PO1-053-F de MIDEPLAN, el proyecto Fondecyt 1030344 y el Proyecto Fundación Andes C-13960/47. También agradecen a todos los propietarios privados que ayudaron en la recolección de datos de terreno y a empresas que facilitaron sus datos productivos. *AYD*

### Referencias bibliográficas

**Andreassian, V. (2004)** Waters and forests: from historical controversy to scientific debate. *Journal of Hydrology* 291: 1-27.

**Ataroff, M. y F. Rada (2000)** Deforestation impact on water dynamics in a Venezuelan Andean cloud forest. *Ambio* 29: 440-444.

**Barbier, E. (2000)** Valuing the environment as input: review of applications to mangrove-fishery linkages. *Ecological Economics* 35: 47-61.

**Bishop, J. (1999)** Valuing Forests: A Review of Methods and Applications in Developing Countries. Environmental Economics Program International Institute for Environment and Development (IIED), Julio 1999. Disponible en: <http://www.worldbank.org>.

**Bosch, J.M. y J.D. Hewlett (1982)** A review of catchment experiments to determine the effects of vegetation changes

on water yield and evapotranspiration. *Journal of Hydrology* 55: 3-23.

**Calder, I. R., P.T. Rosier, K.T. Prasanna y S. Parameswarappa (1997)** Eucalyptus water use greater than rainfall input-a possible explanation from southern India. *Hydrol. & Earth System Science* 1: 249-256.

**Daily, G.C. (1997)** *Nature's Services. Societal dependence on natural ecosystems*. Island press, Washington, U.S.A. 390 pp.

**De Groot, R., M. Wilson y R. Boumans (2002)** A typology for the classification, descriptions and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41: 393-408.

**Dinerstein, E. (1996)** *The Global 200: Key Ecoregions for Saving Life on Earth*. World Wildlife Fund. US Washington D.C.

**Donoso, P., C. Little, E. Neira, R. Reyes, P. Rutherford y C. Zamorano (2003)** Plan de desarrollo integral para el predio Llancahue, Valdivia, Chile. Propuesta Técnica Instituto de Silvicultura, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile.

**Hernández, O., C. Cobos y A. Ortiz (2002)** Valoración ambiental del servicio ambiental de regulación hídrica. Disponible en: [http://www.congresocuencas.org.pe/pdf/PONENCIAS/2%20Tema/2a\\_PAGO%20POR%20SERVICIOS%20AMBIENTALES/21.valoracion-economica-RBSM-sur-final.pdf](http://www.congresocuencas.org.pe/pdf/PONENCIAS/2%20Tema/2a_PAGO%20POR%20SERVICIOS%20AMBIENTALES/21.valoracion-economica-RBSM-sur-final.pdf)

**Hornbeck, J.B., M.B. Adams, E.S. Corbett, E.S. Verry y J.A. Lynch (1993)** Long-term impacts of forest treatment on water yield: a summary for a Northeastern USA. *Journal of Hydrology* 150: 323-343.

**Huber, A. y A. Iroumé (2001)** Variability of annual rainfall partitioning for different sites and forest cover in Chile. *Journal of Hydrology* 248: 78-92.

**Ingwensen, J.B. (1985)** Fog drip, water yield, and timber harvesting in the Bull Run municipal watershed, Oregon. *Water Resources Bulletin* 21: 469-473.

**Kumari, K. (1996)** Sustainable forest management: myth or reality?. Exploring the prospect for Malaysia. *Ambio* 25: 459-467.

**Lara, A., C. Donoso y J.C. Aravena (1995)** La conservación del bosque nativo de Chile: problemas y desafíos. En: Armesto J. et al. (eds.). *Ecología de los bosques nativos de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. pp. 335-362.

**Lara, A., C. Echeverría y R. Reyes (2002)** Bosques Nativos. En: Instituto de Asuntos Públicos, Universidad de Chile

(ed). *Informe País. Estado del Medio Ambiente en Chile 2002*. Santiago, Chile.

**Lara, A. y T. Veblen (1993)** Forest plantations in Chile: a successful model? In: Mather, A. (Ed.), *Afforestation: policies, planning and progress*. Belhaven Press, London. Pp 119-137.

**Müller, K.G. (1992)** The production function approach in developing countries. In: J. Vincent, J., Crawford, E., and Hoehn, J. (Eds.) *Valuing environmental benefits in developing economies*. Seminar proceedings, Michigan State University Graduate specialization in Resource Economics, East Lansing, Michigan, U.S.A.

**Núñez, D. (2004)** Valoración económica del servicio ecosistémico de producción de agua del bosque de la cuenca de Llancahue, Décima Región. Tesis Magíster en Desarrollo Rural, Facultad de Ciencias Agrarias y Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Austral de Chile. 182 pp.

**Otero, L., A. Contreras y L. Barrales (1994)** Efectos ambientales del reemplazo de bosque nativo por plantaciones (Estudio en cuatro microcuencas en la provincia de Valdivia). *Ciencia e Investigación Forestal* 8: 252-276.

**Oyarzún, C.E. y A. Huber (1999)** Water balance in young plantations of *Eucalyptus globulus* and *Pinus radiata* in southern Chile. *Terra* 17: 35-44.

**Pearce, D. (2001)** The Economic Value of Forest Ecosystems. *Ecosystem Health* 7(4):284-296.

**Putuhena, W.M. y I. Cordery (2000)** Some hydrological effects of changing forest cover from eucalyptus to *Pinus radiata*. *Agricultural and Forest Meteorology* 100: 59-72.

**Robinson, M., A.L. Cognard-Plancq, C. Cosandey, J. David, P. Durand, H.W. Fuhrer, R. Hall, M.O. Hendriques, V. Marc, R. McCarthy, M. McDonnell, C. Martin, T. Nisbet, P. O'Dea, M. Rodgers y A. Zollner (2003)** Studies of the impacts of forests on peak flows and base flows: a European perspective. *Forest Ecology and Management* 186: 85-97.

**Torras, M. (2000)** The total economic value of Amazonian deforestation, 1978-1993. *Ecological Economics* 33: 283-297.

**Vertessy, R.A., F.G.R. Watson y Sh. K. O'Sullivan. (2001)** Factors determining relations between stand age and catchment water balance in mountain ash forests. *Forest Ecology and Management* 143: 13-26.

**WWF - World Bank Alliance For Forest Conservation and Sustainable Use (2003)** Running pure: The importance of forests protected areas to drinking water. Research Report.

# Valoración de los servicios ecosistémicos

**Comentario de Guillermo Donoso**

*Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, P.U. Católica de Chile*

**E**l acelerado crecimiento de la población mundial durante los dos últimos siglos ha traído como consecuencia una mayor demanda de recursos naturales, lo que sumado al desarrollo y uso de tecnologías ha producido un continuo deterioro del medio ambiente, surgiendo interrogantes acerca de su sustentabilidad futura. Al respecto, Lara (2004) señala que las visiones convencionales respecto a la conservación del bosque nativo usadas hasta ahora no han logrado revertir los acelerados procesos de destrucción y degradación de estos recursos. Esto se debería en gran parte a la escasa valoración que reciben los servicios ecosistémicos del bosque nativo.

Los bosques nativos del sur de Chile proveen de importantes servicios ecosistémicos, tales como la biodiversidad, protección de cuencas, captura de carbono, regulación del clima, producción de agua (cantidad y calidad). En el último tiempo, el ámbito de relevancia del agua se extiende aún más al desarrollarse una creciente conciencia ambiental que reconoce el papel fundamental que juega el agua en los delicados equilibrios ecológicos globales. Por lo anterior, bajo un escenario de cambio climático global, el abastecimiento de agua en cantidad y calidad se convierte en una de las principales funciones ecosistémicas de los bosques.

Sin embargo, se han realizado escasas investigaciones sobre el impacto que representa el cambio de

coberturas vegetales sobre el rendimiento hídrico al nivel de pequeñas y/o grandes cuencas y, en general, estos se han realizado principalmente en Estados Unidos y Europa. Al respecto, el artículo de Oyarzún, Nahuelhual y Núñez representa un aporte al conocimiento de las múltiples y complejas interrelaciones entre la regulación hidrológica como servicio ecosistémico y los bosques nativos. Adicionalmente, la valoración económica realizada, en base a la metodología indirecta de valoración de cambio de productividad, indica una pérdida en bienestar resultante de un cambio de uso del suelo, cada vez que una hectárea de bosque es transformada a otro uso competitivo, que limite la provisión de agua fresca.

En función de la regulación hídrica, basados en un análisis observacional comparativo entre dos cuencas homogéneas respecto de basamento rocoso, suelos, topografía y clima, los autores concluyen que una cuenca con mayor proporción de su superficie con bosque nativo presenta un mayor rendimiento hídrico. De lo anterior surgen interrogantes respecto a las relaciones de causalidad que expliquen el rendimiento hídrico. Esta interrogante indica la necesidad de realizar investigaciones de causalidad que consideren, además de la cobertura vegetal, la orografía de la cuenca y las variaciones interanuales de las precipitaciones, entre otros.

Respecto al tema de valoración económica, la primera pregunta que debiera inquietarnos es: ¿qué sentido tiene asignar un valor monetario a los impactos ambientales o a los recursos naturales?, o dicho de otra forma: ¿cuales son los beneficios de valorar los impactos ambientales o los recursos naturales? La razón principal es que el poder cuantificar los recursos y los efectos ambientales, termina con la dualidad de los efectos cuantificables y no cuantificables, o monetariamente valorables y no monetariamente valorables. Esto es importante ya que, en general, aquellos efectos valorables pesan más sobre aquellas personas que se encuentran en una posición de tomar decisiones.

El valor económico total de un recurso natural se clasifica según el beneficio derivado del uso o no-uso de dicho recurso. Por lo tanto, se deben tener claros los significados de estos conceptos. El uso de un recurso se define y mide en términos de la cantidad consumida en un mercado de un bien o servicio complementario a ese recurso. El valor de uso, desde otro enfoque, se puede descomponer en una utilización actual y potencial de un recurso. Dentro del uso actual se encuentran los beneficios derivados de la explotación comercial y de la actividad recreativa. El valor de uso potencial, en cambio, se refiere a la satisfacción que otorga la certeza de poder contar con el recurso en el futuro, tanto para su uso individual o como legado a las futuras generaciones. Este es el llamado valor de opción.

El valor de no-uso del recurso natural, conocido como el valor de existencia, se define como el valor que poseen los bienes ambientales en sí mismos, per se, el cual es capturado por los agentes económicos a través de sus preferencias en la forma de valor de no-uso.

Con el fin de estimar el valor económico total de los servicios ecosistémicos del bosque nativo se deben utilizar métodos de valoración que pueden ser directos o indirectos, dado que estos no tienen un mercado definido. Los primeros requieren de una expresión de disposiciones a pagar, o a aceptar compensación por los cambios en la calidad ambiental o en los atributos ambientales. Mientras que los métodos indirectos se basan en relaciones

**Con el fin de estimar el valor económico total del recurso es necesario realizar otras investigaciones que empleen métodos directos e indirectos para estimar los valores de uso adicionales del bosque nativo, tales como el valor recreativo, el valor de opción y el valor de existencia.**

de complementariedad o sustitución entre las demandas observables de los bienes que tienen mercado y las demandas no observadas de los bienes o atributos ambientales.

El método indirecto de cambio de productividad empleado en el artículo, se basa en la relación que existe entre el atributo ambiental y los bienes y/o servicios existentes en el mercado. Un cambio en el atributo ambiental implicará una variación en la producción del bien con que este está relacionado, lo que afectará el bienestar o utilidad

de las personas. Es importante destacar que la forma funcional lineal empleada implícitamente impone rendimientos constantes. Ante evidencias empíricas que indican que se presentan más bien rendimientos decrecientes, sería conveniente emplear otras formas funcionales que no presentan esta restricción.

Entonces, el método busca valorar el recurso natural a través de valorar el efecto que este tiene en la producción, en el costo o en las ganancias generadas por otro bien que sí tiene mercado. Por ende, la valoración económica presentada en el trabajo permite estimar el valor de uso actual productivo del bosque nativo de la cuenca y, siendo válido, representa un componente del valor económico total. Con el fin de estimar el valor económico total del recurso es necesario realizar otras investigaciones que empleen métodos directos e indirectos para estimar los valores de uso adicionales del bosque nativo, tales como el valor recreativo, el valor de opción y el valor de existencia. Solo de esta manera se logrará revertir los acelerados procesos de destrucción y degradación de estos recursos, al considerar la valoración completa de los servicios ecosistémicos del bosque nativo. *AYD*

### Referencias bibliográficas

**Lara, A. (2004)** La relación de bosque nativo y provisión de agua. Presentación realizada en el marco del Tercer Ciclo de Conferencias Milenio - 2004.