

La integración de la ciencia, la economía y la sociedad: servicios ecosistémicos en la ecoregión de los bosques lluviosos valdivianos en el cono sur de Sudamérica

CHRISTINE N. MEYNARD,¹ ANTONIO LARA,^{1*} MARIO PINO,¹ DORIS SOTO^{1,2}
LAURA NAHUELHUAL,¹ DAISY NÚÑEZ,¹ CRISTIAN ECHEVERRÍA,^{1,3} CARLOS JARA,¹
CARLOS OYARZÚN,¹ MYLTHON JIMÉNEZ¹ Y FRANCISCO MOREY¹

1 Núcleo Científico Milenio FORECOS, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile.

2 Dirección actual: Servicio de Ordenación y Conservación de la Acuicultura, Departamento de Pesca y Acuicultura, FAO, Naciones Unidas, Via delle Terme di Caracalla, 00153, Roma, Italia.

3 Departamento de Manejo de Bosques y Medio Ambiente, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción, Concepción.

*Correspondencia: Antonio Lara, Núcleo Científico Milenio FORECOS, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile. Correo-e: antoniolar@uach.cl.

Resumen: Los ecosistemas naturales proveen productos tangibles, tales como madera, al igual que otros servicios más difíciles de asociar con un precio de mercado. A través de nuestro trabajo transdisciplinario en los bosques del sur de Chile, en el que combinamos modelos ecológicos y económicos, y un componente de extensión importante, hemos demostrado que la investigación relacionada con servicios ecosistémicos facilita la comunicación entre científicos, tomadores de decisión y otros actores relevantes.

Palabras clave: servicios ecosistémicos, valoración económica, transdisciplina, Chile.

Abstract: Forest ecosystems provide tangible products, such as timber, as well as other services that are more difficult to associate with a market price. Through our transdisciplinary work in the forests of southern Chile, combining ecological and economic models and a strong outreach component, we have demonstrated that research on ecosystem services facilitates the communication between scientists, decision makers and other stake-holders.

Keywords: ecosystem services, economic valuation, transdiscipline, Chile.



INTRODUCCIÓN

Desde tiempos inmemoriales las sociedades humanas han reconocido su dependencia hacia los sistemas naturales para satisfacer sus necesidades de alimentos, de materiales de construcción y de fuentes de energía. Además se han beneficiado de otros servicios no siempre evidentes como la regulación del

ciclo hídrico y la formación de suelos para cultivos (Mooney y Ehrlich 1997). Un informe de 1970 (SCEP 1970) ha sido reconocido como el primer texto en el que se alude explícitamente a los servicios ecosistémicos (Mooney y Ehrlich 1997). Los servicios ecosistémicos se definen de manera general como

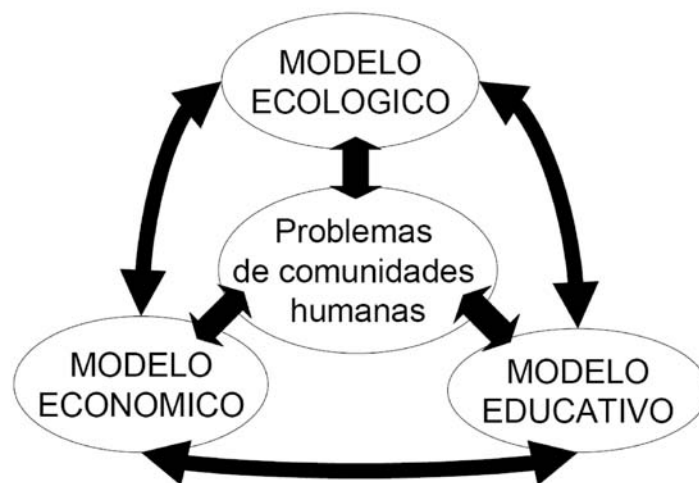
aquellos beneficios que los seres humanos obtienen de los ecosistemas (Millenium Ecosystem Assessment 2005). Y han sido clasificados en cuatro categorías: 1) servicios de aprovisionamiento (comida, agua, fibra, combustibles), que son utilizados directamente por los seres humanos; 2) servicios de regulación, relacionados con procesos que afectan el clima, enfermedades, calidad de agua, materiales de desechos e inundaciones; 3) servicios culturales, que se refieren a beneficios estéticos, espirituales, educativos; y 4) servicios de soporte, tales como la formación de suelo y el reciclaje de nutrientes, los que posibilitan otras actividades humanas.

Dadas las altas tasas de crecimiento de las poblaciones humanas y sus economías, la presión sobre los recursos naturales ha exigido una mayor consideración hacia criterios de sustentabilidad en las políticas de desarrollo (Lubchenco 1998). Se ha destacado, por ejemplo, la necesidad de crear líneas de investigación que partan de los problemas de comunidades humanas y que integren disciplinas de distintos ámbitos para resolver problemas sociales importantes (Kinzig 2001). El agua

en particular, elemento que sustenta la mayor parte de las actividades económicas humanas, ha sido identificada como un aspecto crítico que afecta directamente la capacidad de crecimiento económico y bienestar humano (Le Maitre *et al.* 2007). Es así como nuestro grupo de investigación se ha planteado el desafío de generar preguntas científicas relevantes, poniendo al centro de nuestra atención los problemas reales de comunidades humanas específicas. En este sentido, hemos puesto especial atención en las relaciones entre el bosque y la calidad y cantidad de agua, como un servicio ecosistémico que afecta la calidad de vida de las personas y cuyo entendimiento requiere de un método científico riguroso. La figura 1 ilustra nuestro principio de trabajo de manera simplificada y general: hemos intentado integrar las perspectivas económicas, ecológicas y educativas (en el sentido amplio de la palabra) de manera que haya interacción permanente entre los distintos elementos, poniendo siempre en la mesa preguntas que afectan el bienestar humano.

A continuación describiremos nuestra experiencia durante esta investigación transdisciplinaria en los

FIGURA 1. ESQUEMA DE NUESTRO PRINCIPIO DE TRABAJO, INTEGRANDO LAS CIENCIAS ECOLÓGICAS, ECONÓMICAS, Y ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN, SIEMPRE MIRANDO LOS PROBLEMAS DE COMUNIDADES HUMANAS AL CENTRO DE NUESTRAS PREGUNTAS



bosques templados del sur de Chile. Empezaremos con una descripción de los bosques y su importancia económica para el país, y luego desarrollaremos más a fondo la experiencia de nuestro grupo de investigación en cada una de estas tres áreas, empezando con el modelo ecológico centrado en la relación bosque-agua, el modelo económico basado en la valoración económica de los servicios ecosistémicos, y finalmente el modelo educativo que incluye actividades de extensión y difusión científica.

CHILE, SUS BOSQUES Y SUS RECURSOS MADEREROS

Chile posee 13,4 millones de hectáreas de bosques naturales, lo que representa alrededor del 20% de su territorio (CONAF *et al.* 1999). La mayoría de estos bosques se encuentran en la zona de transición entre la zona de clima mediterráneo en el centro de Chile, donde además se concentra la mayor parte de la población humana del país, y la zona de clima templado lluvioso en su posición meridional. La ecoregión de los bosques lluviosos valdivianos se distribuye en Chile y áreas adyacentes de Argentina entre los 35° y 48° S, incluyendo diferentes ecosistemas y comunidades (Dinerstein *et al.* 1995). Estos bosques han sido calificados como vulnerables y, al mismo tiempo, reconocidos como áreas prioritarias de conservación debido al alto grado de diversidad y endemismo de su biota (Dinerstein *et al.* 1995, Myers 2003, Brooks *et al.* 2006).

Históricamente, los bosques han sido apreciados como estructuras naturales productoras de madera, útil para la construcción de viviendas y herramientas, así como fuentes de leña y carbón. Además de estos servicios de aprovisionamiento, cuyo valor de intercambio lo establecen los mercados, los bosques proveen servicios adicionales importantes para las comunidades humanas. Por ejemplo, estabilizan el suelo evitando la erosión; regulan el flujo de agua que llega a los cauces producto de la precipitación;

albergan y protegen el reciclaje de nutrientes; funcionan como filtros, favoreciendo la calidad del agua y la producción secundaria en los ríos; disminuyen las posibilidades de inundaciones; y fijan carbono al tiempo que producen oxígeno, a nivel global (Myers 1997). En Chile, en 2005, la exportación de productos derivados de la madera alcanzó los \$3.5, mil millones de dólares, alrededor del 3.4% del Producto Interno Bruto (PIB). La mayor parte de estas ganancias provinieron de la exportación de pulpa de madera (34%), de remanufacturas (27%) y de madera aserrada (12%) (INFOR 2006). La significativa expansión de la industria forestal desde la década de 1970 en adelante, ha ejercido gran presión sobre los bosques del centro y sur de Chile.

Además de la producción industrial destinada a la exportación, los productos madereros tienen gran importancia para el consumo nacional. En 1998 se consumieron 10,3 millones de m³ de leña dentro de Chile, de los cuales 61% provino del bosque nativo (Emanuelli 2005). Además, el mercado nacional demanda otros productos, como astillas, postes, y madera aserrada, a diferencia del mercado internacional que requiere principalmente pulpa, madera para embalajes y trozas. La comercialización de estos productos involucra escaso valor agregado, contribuyendo muy poco al desarrollo de las comunidades rurales y perjudicando otros servicios proporcionados por el bosque que son más difíciles de valorar en términos económicos, ya que no poseen mercados directos (Emanuelli 2005). Los servicios ecosistémicos de estos bosques nativos, como la regulación de los ciclos hídricos, no son reconocidos por el mercado, a pesar de su gran importancia para las comunidades humanas, y por lo tanto no son considerados al momento de tomar decisiones administrativas o de manejo (Oyarzún *et al.* 2004). Como consecuencia, gran parte de ellos, especialmente en la zona central de Chile, han sido reemplazados por plantaciones de especies exóticas de crecimiento rápido, principalmente *Pinus radiata* y

Eucalyptus spp. A partir del análisis de una secuencia de imágenes satelitales, Echeverría *et al.* (2006) estimaron que entre 1975 y 2000 la tasa de deforestación en Chile central alcanzó 4.5% anual, lo que redujo el área de estos bosques nativos en 67%, mostrando el gran impacto que estas actividades están teniendo sobre el bosque a escala de paisaje.

FORECOS

¿Es posible entonces conciliar la protección del bosque nativo y la conservación de sus servicios ecosistémicos con el incremento del bienestar humano y del desarrollo económico que nuestro país requiere? Para enfrentar este tipo de problemáticas se requiere de un conocimiento integrado que conjugue los avances científicos relacionados con la dinámica y ecología de los bosques nativos a nivel de cuencas hidrográficas con las necesidades humanas y la valoración económica de los beneficios que se obtienen de los sistemas naturales. Nuestro grupo de investigación, FORECOS (Forest Ecosystem Services to aquatic systems under climatic fluctuations), nació de esta pregunta. La idea que lo inspira se gestó años antes que se concretara con la constitución de un grupo transdisciplinario de investigación científica al amparo de la Iniciativa Científica Milenio del Ministerio de Planificación y Cooperación de Chile (Mideplan), en 2002. Desde entonces hemos comprometido nuestros esfuerzos en determinar el rol del bosque nativo en la regulación de la calidad y cantidad de agua a distintas escalas temporales y espaciales, y de transferir estos conocimientos tanto a comunidades rurales que utilizan estos recursos como a los encargados de tomar decisiones que determinan las políticas nacionales de aprovechamiento y administración de los recursos naturales renovables del país. La transdisciplina es una estrategia de investigación en la cual no sólo se busca integrar el conocimiento de investigadores en diferentes áreas disciplinarias (ecología forestal,

ecología acuática, economía, pesquerías, etc.), sino, además, lograr la interacción transversal entre investigadores, con el fin de propiciar la emergencia de líneas de investigación relevantes e innovadoras en todas las áreas. En otras palabras, buscamos que el conjunto de los investigadores aborde problemas de alta complejidad, en virtud de los cuales genere sinergia en su investigación, de manera a que el producto conjunto supere la simple suma de sus visiones monodisciplinarias.

Nuestras líneas de trabajo abarcan tres grandes áreas, a saber: 1) desarrollo de un modelo ecológico que integre los procesos físicos y biológicos que ocurren a nivel de cuencas para individualizar los factores que generan y mantienen los servicios ecosistémicos que provee el bosque nativo; 2) desarrollo de un modelo económico que genere herramientas conceptuales y formales para la valoración económica de los servicios ecosistémicos asociados al bosque nativo y estrategias que traduzcan esos valores en políticas coherentes para un desarrollo forestal sustentable; y 3) desarrollo de un modelo efectivo de educación y difusión científica con el cual buscamos transferir el resultado de nuestra investigación a los actores relevantes en el desarrollo de políticas ambientales y a la sociedad en general.

MODELO ECOLÓGICO

A fin de generar conocimiento relevante para la toma de decisiones administrativas es necesario investigar no sólo cómo funcionan los sistemas naturales sino también cuál es el efecto de las actividades económicas sobre su sustentabilidad. El objetivo final es diseñar estrategias de producción sustentable que protejan y conserven los procesos ecológicos de los cuales derivan los servicios ecosistémicos. Por esta razón es imprescindible integrar en esta investigación los intereses económicos, culturales, estéticos y éticos de los usuarios de los ecosistemas forestales

nativos. El agua es un elemento crítico en el desarrollo de distintas actividades económicas en la zona y afecta directamente el bienestar de las personas. De allí que nuestras líneas de investigación se han centrado en cuatro preguntas relacionadas con la interfaz bosque-agua: 1) ¿En qué medida ha cambiado la cobertura de bosques nativos en el país en las últimas décadas y qué patrones son notorios en cuanto a la fragmentación y explotación del bosque a nivel de paisaje? 2) ¿Cómo se relacionan la entrada y salida de agua en cuencas con diferentes usos de suelo y en distintas escalas temporales y espaciales? 3) ¿Afectan las intervenciones silvícolas y agrícolas la densidad y composición de las comunidades de peces dulceacuícolas y de las comunidades de invertebrados bentónicos?, y 4) ¿Qué respuestas han presentado históricamente los caudales frente a los cambios climáticos? Este último punto es una información muy relevante desde el punto de vista de la planificación territorial frente a los escenarios de cambio climático futuro. En última instancia, nos gustaría resolver problemas prácticos directamente relacionados con las economías locales. Exponemos enseguida una síntesis de los trabajos relacionados con cada una de estas preguntas.

En relación con el reemplazo del bosque nativo, nuestros estudios han mostrado que las tasas de deforestación en Chile central se encuentran entre las más altas en Latinoamérica (Echeverría *et al.* 2006). Tal deforestación amenaza seriamente la conservación de la biodiversidad vegetal nativa en esa área, al fragmentar y reducir la cobertura boscosa hasta niveles no sostenibles (Echeverría *et al.* 2007a). A su vez, la evolución de la explotación forestal en la zona del bosque lluvioso valdiviano parece hallarse en un estado más temprano del mismo proceso pero no por ello menos amenazante a la conservación de la biodiversidad. A menos que se modifique el comportamiento en las explotaciones forestales, podríamos llegar a niveles de fragmentación y deforestación

similares a los encontrados en Chile central de aquí a 15 años más (Echeverría *et al.* 2007b).

Los cambios de uso de suelo y la destrucción de la cobertura boscosa original afectan la disponibilidad de agua. Oyarzún *et al.* (2004), por ejemplo, muestran que los periodos de bajos caudales son más largos y la producción anual de agua es menor en cuencas masivamente cubiertas con plantaciones que en las dominadas por bosque nativo. En un estudio más detallado comparando varias cuencas, la producción de agua en una cuenca con plantaciones forestales es bastante menor que la producción de una con bosque nativo. Esa situación se hace evidente durante el estiaje, cuando los caudales por unidad de área en plantaciones son menos de un tercio de aquellos caudales efluentes de cuencas cubiertas por bosque nativo (Lara *et al.* 2003; Oyarzún *et al.* no publicado). Además, hemos visto que las variaciones en los caudales son más difíciles de explicar cuando el área de estudio abarca una extensión más amplia. En estos casos, otros factores importantes tales como topografía, tipos de suelo, régimen de aporte hídrico y otros, deben ser incorporados al análisis para explicar las relaciones entre caudal y uso del suelo (Cuevas *et al.* 2006). Por último, los cambios de uso de suelo también han generado cambios en los ciclos hídricos a nivel de paisaje. En particular, en suelos de origen volcánico de baja porosidad la deforestación ha causado un estancamiento de aguas y los bosques que han sido destruidos por estos eventos han quedado detenidos en estadíos sucesionales tempranos. Es así como en los últimos 30 años ha desaparecido cerca del 36% de los bosques nativos dentro de este tipo de suelo pero los humedales han aumentado su superficie 1,600% en el mismo período (Echeverría *et al.* 2007b).

El efecto de estos cambios sobre las comunidades de peces no es tan claro, debido a que se confunde con el efecto de los salmónidos introducidos por razones comerciales en gran parte de Chile (Soto *et al.* 2007). En un estudio detallado de las comunidades de

peces en 11 lagos y 13 cuencas de la zona templado lluviosa de Chile, Soto *et al.* (2006) encontraron un total de 11 especies nativas de peces y 7 introducidas. Estos autores rechazan la hipótesis inicial de que el reemplazo del bosque nativo por plantaciones de pino y eucaliptos en las cuencas facilita la invasión de los salmonídeos en los arroyos y ríos que son especies exóticas en Chile. Esto, porque la mayor riqueza y abundancia de las especies nativas se encuentra en el Valle Central, donde los niveles de perturbación del paisaje son también los más altos. También demostraron un efecto negativo importante de las especies exóticas sobre la riqueza y abundancia de las especies nativas (Soto *et al.* 2006). Una conclusión de peso de este trabajo es que las reservas y parques nacionales, que se encuentran mayoritariamente en la Cordillera de los Andes, protegen más bien a poblaciones de peces exóticos, dejando los ensambles de peces nativos en el Valle Central desprovistos de protección. Sin embargo, estas especies introducidas sostienen la pesca deportiva a nivel comercial, actividad que progresivamente se hace relevante en la economía regional. Por lo tanto, una estrategia de control de especies exóticas debe tomar en consideración estos elementos sociales. Es por ello que los autores proponen concentrar los esfuerzos de control en el Valle Central en vez de la Cordillera de los Andes, con un programa intensivo de pesca deportiva que abarque todo el año más que sólo la temporada posreproductiva.

Finalmente, es importante indagar sobre la respuesta de los sistemas naturales y del hombre frente a los cambios climáticos en los últimos miles de años. Esto nos ayuda a dimensionar la capacidad de resiliencia de los ecosistemas y estimar la capacidad de adaptación del ser humano a las modificaciones ambientales a gran escala y del uso de los recursos naturales en tales escenarios. Frente a esta problemática, el análisis de anillos de crecimiento de los árboles es una herramienta muy valiosa. Los árboles responden a los cambios en la precipitación, temperatura y disponibilidad de agua,

entre otros, con variaciones en su crecimiento. Es por ello que resulta útil explorar correlaciones entre variables climáticas e índices de crecimiento para reconstruir la historia de los cambios ambientales a una escala de tiempo mayor (cientos o miles de años) comparada con aquella disponible en las series de tiempo provenientes de estaciones meteorológicas (Lara *et al.* 2005b). Así es como se han reconstituido variaciones de temperatura (Lara y Villalba 1993, Aravena *et al.* 2002) y precipitación (Lara *et al.* 2001) en diferentes sitios del sur de Chile. Más recientemente, se ha sugerido que esta técnica constituiría una potencial herramienta para estudiar variaciones en caudales y salinidad de las aguas (Lara *et al.* 2005a). Lara *et al.* (2007) reconstituyeron así las variaciones de los caudales de verano y primavera durante los últimos 400 años en la cuenca binacional del río Puelo, cuenca en la zona templado lluviosa a los 41° S y 42° S en Argentina y Chile. Usando esta técnica, los autores pudieron explicar 42% de la variación de los caudales de este río para el período 1943-1999. Las proyecciones de caudales en el tiempo, basados en los anillos de crecimiento, indican además que el año 1998 representa el periodo de caudales bajos más extremo durante los últimos 100 años, situación que sólo fue superada por la sequía de 1681. Además, el siglo XX concentró la mayor parte de los episodios de bajo caudal, comparado con siglos anteriores. Se observa además una relación importante entre altos caudales y años del Fenómeno de El Niño, y de bajos caudales y años del Fenómeno de La Niña (Lara *et al.* 2007).

En resumen, estas investigaciones demuestran que las actividades humanas están teniendo un impacto importante no sólo sobre la producción de agua a diversas escalas temporales y espaciales, sino también sobre las comunidades de peces que dependen de ellas. Esta es información básica y necesaria para generar modelos económicos y pensar en estrategias de incentivos que pudieran reconciliar el crecimiento económico con la conservación de la biodiversidad.

MODELO ECONÓMICO

Gran parte de los servicios ecosistémicos no están sujetos a precios de mercado, y por tanto su valor económico no se ha incorporado en las decisiones de política medioambiental relacionadas con el manejo de los recursos naturales en Chile. La valoración económica de los servicios ecosistémicos es un ámbito de investigación relativamente nuevo y pretende subsanar este problema de falta de información pertinente a la toma de decisiones. El trabajo de FORECOS se ha centrado en la valoración económica de los servicios ecosistémicos asociados al bosque nativo en la ecoregión Valdiviana, en el sur de Chile. Es así como Nuñez *et al.* (2006) estimaron el valor económico del servicio ecosistémico de producción de agua por parte del bosque nativo en la cuenca de Llancahue, para abastecer a la empresa que produce agua potable para la ciudad de Valdivia. Sus resultados indican que el valor de este servicio ecosistémico asciende a US\$ 162.4 en verano y a US\$ 61.2 durante el resto del año, anuales por hectárea de bosque nativo. Por otro lado, Nahuelhual *et al.* (2006) estimaron el valor de varios servicios ecosistémicos relacionados a los bosques nativos en el sur de Chile (cuadro 1).

La valoración económica de los bienes y servicios ecosistémicos en Chile permitiría mejorar las políticas orientadas al manejo y conservación de los recursos naturales, pues quienes toman decisiones en esta materia no cuentan actualmente con este tipo de información. Por ejemplo, la estimación de valores económicos para los bienes y servicios ecosistémicos puede aportar a los análisis de costo-beneficio en relación a la implementación de regulaciones, programas o proyectos que aborden temáticas sobre preservación, restauración, manejo y conservación de los recursos naturales.

MODELO EDUCATIVO

Este aspecto de nuestro trabajo forma parte integral de nuestra filosofía. Pensamos que para aplicar concretamente nuestra investigación al manejo de los ecosistemas debemos ser capaces de comunicar nuestros resultados de manera clara hacia los grupos de no expertos. En este sentido, nos hemos preocupado de cuatro niveles de comunicación: difusión de resultados y organización de talleres con otros científicos dirigidos específicamente a analizar políticas o leyes en proceso, la educación de los niños y jóvenes para que las nuevas generaciones conozcan el valor

CUADRO 1. VALORES ECONÓMICOS DE BIENES Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL BOSQUE TEMPLADO DEL SUR DE CHILE

SERVICIO ECOSISTÉMICO	VALOR EN DÓLARES POR HECTÁREA DE BOSQUE
Madera bosque secundario con manejo	US\$ 3049 - US\$ 5381
Madera bosque secundario sin manejo	US\$ 2821 - US\$ 3757
Madera bosque maduro con manejo	US\$ 4115 - US\$ 5799
Madera bosque secundario sin manejo	US\$ 5454 - US\$ 6275
Oportunidades de recreación	US\$ 1.6 - US\$ 6.3
Mantención de la fertilidad del suelo	US\$ 26.3
Provisión de agua para consumo humano	US\$ 131 - US\$ 279

Nota: los valores por hectárea fueron obtenidos de Nahuelhual *et al.* 2006.

del bosque más allá de la madera, la difusión hacia el público general y los tomadores de decisiones a nivel político, y el trabajo con comunidades locales, tema en el cual nos enfocaremos.

Uno de los aspectos más importantes de nuestras actividades de difusión se ha relacionado con comunicar nuestros resultados a los actores relevantes que sufren directamente las consecuencias de la degradación del bosque. Nos interesan en particular las comunidades rurales con bajos niveles de educación, que dependen directamente del bosque y que a menudo basan sus decisiones de manejo en tradiciones familiares. En este sentido, los comités de Agua Potable Rural (APR) son organizaciones comunitarias interesantes en Chile, a la vez herederas de las tradiciones locales y que buscan el bien común. En 2003 iniciamos una primera etapa de acercamiento a estos comités, buscando estrategias para traducir nuestros conocimientos en recomendaciones concretas. Se trabajó con un total de 56 dirigentes de comité de APR de las provincias de Valdivia, Osorno y Llanquihue. Con ellos se realizaron talleres en sala y salidas a terreno, para aterrizar en la realidad los conceptos de ecología forestal, estructura del bosque nativo, composición del suelo, escorrentía y otros, necesarios para comprender el rol de las cuencas cubiertas de bosques nativo como reservorios y reguladores de la producción hídrica de las cuencas. También se discutieron aspectos de manejo silvicultural que propenden a maximizar la producción de agua. En esta primera experiencia logramos un buen nivel de comunicación y comprensión de parte de los usuarios y administradores de los recursos hídricos rurales pero también concluimos que este tipo de colaboración requiere ser mantenida por largo plazo para conseguir resultados perdurables. Estos proyectos demandan una dedicación significativa de tiempo y de personal y no existen fondos concursables que apoyen específicamente la comunicación entre las comunidades y las universidades. En una segunda etapa de este programa trabajamos con 45 personas,

representantes de 23 comités de APR comprometidos en la primera fase. Mediante la realización de talleres y salidas a terreno, reforzamos en ellos nociones acerca de la relación bosque-agua e identificamos potenciales proyectos que ayudarían a mejorar la gestión y el manejo de sus fuentes de agua. Finalmente, les ayudamos a identificar y postular a fondos para proyectos que ellos mismos definieron. Este tipo de apoyo es fundamental para el desarrollo de comunidades rurales, ya que les conduce a adquirir poder de decisión y acción y a buscar solución a los problemas que ellas mismas consideran urgentes. De 11 proyectos presentados, sólo cinco tuvieron relación con el manejo de las cuencas. Las prioridades de los participantes giraron en torno a adquirir infraestructura, mejorar la educación de los niños y mejorar las redes de alcantarillado de sus comunidades. Esta experiencia nos demostró, entre otras cosas, que las comunidades que lograron mayor éxito en la formulación y desarrollo de los proyectos fueron aquellas dirigidas por los comités mejor organizados. Concluimos así que para lograr la transferencia exitosa de conocimientos se requiere previamente fortalecer las organizaciones locales.

PROBLEMAS Y DESAFÍOS

Existen numerosos desafíos y también dificultades para desarrollar un trabajo transdisciplinario como el que nos hemos propuesto. El primer desafío es, sin duda, superar la escasa comunicación entre expertos y la especificidad de los currícula de la educación superior. Un modelo interesante en el que FORECOS ha participado durante varios años ha sido el programa de Honor de la Universidad Austral, en el cual los estudiantes de cualquier carrera pueden inscribirse. Estos estudiantes, alrededor de 20 cada año, deben tomar tres cursos adicionales en donde se les presenta un problema particular y se intenta enseñarles a resolver problemas a través de la innovación. Nuestra experiencia ha sido medianamente exitosa en la

incorporación de visiones y acciones transdisciplinarias, tanto en nuestros académicos como en nuestros estudiantes de pre y posgrado, teniendo siempre presente que este esfuerzo se contradice con los actuales sistemas de evaluación profesional en los cuales se valora positivamente el nivel de especialización. Por definición, el trabajo transdisciplinario requiere de científicos que siendo especialistas hayan logrado un desarrollo que trasciendan los límites de sus disciplinas. Finalmente, otro desafío fundamental lo representa la incorporación efectiva de los resultados de nuestra investigación en las políticas sectoriales y medioambientales de Chile, especialmente aquellos relativos a la valoración económica de los servicios ecosistémicos del bosque nativo. Nos asiste la convicción que la transferencia de los resultados de nuestra investigación hacia las esferas sociales y políticas con poder de decisión debería conducir a reconocer la urgencia de conservar y restaurar los bosques nativos del sur de Chile, en tanto ellos nos proveen de una variedad de servicios ecosistémicos tangibles e intangibles que día a día se hacen más valiosos, en el marco de los inminentes cambios climáticos de escala global y sus repercusiones sobre el desarrollo del país.

BIBLIOGRAFIA

- Aravena, J. C., A. Lara, A. Wolodarsky-Franke, R. Villalba y E. Cuq. 2002. Tree-ring growth patterns and temperature reconstruction from *Nothofagus pumilio* (Fagaceae) forests at the upper tree line of southern Chilean Patagonia. *Revista Chilena de Historia Natural* 75: 361-376.
- Brooks, T. M., R. A. Mittermeier, G. A. B. da Fonseca, J. Gerlach, M. Hoffmann, J. F. Lamoreux, C. G. Mittermeier, J. D. Pilgrim y A. S. L. Rodrigues. 2006. Global biodiversity conservation priorities. *Science* 313: 58-61.
- CONAF, CONAMA, BIRF, Universidad Austral de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad Católica de Temuco. 1999. *Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile*. Santiago, Chile.
- Cuevas, J. G., D. Soto, I. Arismendi, M. Pino, A. Lara y C. Oyarzun. 2006. Relating land cover to stream properties in southern Chilean watersheds: trade-off between geographic scale, sample size, and explicative power. *Biogeochemistry* 81: 313-329.
- Dinerstein, E., D. Olson, D. Graham, A. Webster, S. Primmm, M. Bookbinder y G. Ledec. 1995. *A Conservation Assesment of the Terrestrial Ecoregiones of Latin America and the Caribbean*. WWF-World Bank. 129 pp.
- Echeverría, C., D. Coomes, J. Salas, J. M. Rey-Benayas, A. Lara y A. Newton. 2006. Rapid deforestation and fragmentation of Chilean Temperate Forests. *Biological Conservation* 130:481-494.
- Echeverría, C., A. C. Newton, A. Lara, J. M. Rey Benayas y D. A. Coomes. 2007a. Impacts of forest fragmentation on species composition and forest structure in the Temperate landscape of Southern Chile. *Global Ecology and Biogeography* 16: 426-439.
- Echeverría, C., O. Thiers y A. Lara. 2007b. Effects of forest loss on soil water table in the temperate landscape in southern Chile. En: M. J. Pacha, S. Luque, L. Galetto y L. Everson (eds.). *An overview on forest fragmentation in South America*. IALE Electronic Publications Series.
- Emanueli, P. 2005. Perspectivas comerciales del manejo de bosque nativo de pequeños y medianos propietarios: una aproximación desde la experiencia del PCMSBN: 87-104. En: R. Catalán, P. Wilken, A. Kandzior, D. Teklin y H. Burschel, editors. *Bosques y comunidades del sur de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago de Chile.
- INFOR. 2006. *El sector forestal chileno*. Instituto Forestal, Santiago, Chile.
- Kinzig, A. P. 2001. Bridging disciplinary divides to address environmental and intellectual challenges. *Ecosystems* 4: 709-715.
- Lara, A., J. C. Aravena y A. Villalba. Wolodarsky-Franke, B. Luckman y R. Wilson. 2001. Dendroclimatology of high-elevation *Nothofagus pumilio* forests at their northern distribution limit in the central Andes of Chile.

- Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere* 31: 925-936.
- Lara, A., D. Soto, J. Armesto, P. Donoso y C. Wernli. 2003. *Componentes científicos clave para una política nacional sobre usos, servicios y conservación de los bosques nativos chilenos*. Valdivia, Chile.
- Lara, A., R. Urrutia, R. Villalba, B. Luckman, D. Soto, J. C. Aravena, J. McPhee, A. Wolodarsky, L. Pezoa y J. León. 2005a. The potential use of tree-rings to reconstruct streamflow and estuarine salinity in the Valdivian Rainforest eco-region, Chile. *Dendrochronologia* 22: 155-161.
- Lara, A. y R. Villalba. 1993. A 3620-Year Temperature Record from *Fitzroya cupressoides* Tree Rings in Southern South-America. *Science* 260: 1,104-1,106.
- Lara, A., R. Villalba y R. Urrutia. 2007. A 400-year tree-ring record of the Puelo River summer-fall streamflow in the Valdivian Rainforest eco-region, Chile. *Climatic Change*. Disponible en: DOI: 10.1007/S10584-007-9287-7.
- Lara, A., A. Wolodarsky-Franke, J. C. Aravena, R. Villalba, M. E. Solari, L. Pezoa, A. Rivera y C. Le Quesne. 2005b. Climate fluctuations derived from tree-rings and other proxy-records in the Chilean Andes: state of the art and future prospects: 145-156. En: U. M. Huber, H. K. M. Bugmann y M. A. Reasoner (eds.). *Global Change and Mountain Regions: An overview of current knowledge*. Springer-Verlag.
- Le Maitre, D. C., S. J. Milton, C. Jarman, C. A. Colvin, I. Saayman y J. H. J. Vlok. 2007. Linking ecosystem services and water resources : landscape-scale hydrology of the Little Karoo. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5: 261-270.
- Lubchenco, J. 1998. Entering the century of the environment: a new social contract for science. *Science* 279: 491-497.
- Millenium-Ecosystem-Assessment. 2005. *Synthesis Report*. Disponible en: <http://www.millenniumassessment.org/en/index.aspx>.
- Mooney, H. A. y P. R. Ehrlich. 1997. Ecosystem Services: A Fragmentary History: 11-19. En: G. C. Daily (ed.). *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington D.C.
- Myers, N. 1997. The World's Forests and Their Ecosystem Services: 215-235. En: G. C. Daily (ed.). *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington D.C.
- Myers, N. 2003. Biodiversity hotspots revisited. *Bioscience* 53: 916-917.
- Nahuelhual, L., P. Donoso, A. Lara, D. Nuñez, C. Oyarzún y E. Neira. 2006. Valuing ecosystem services of Chilean temperate rainforests. *Environment, Development and Sustainability*. Disponible en: DOI: 10.1007/s10668-006-9033-8.
- Nuñez, D., L. Nahuelhual y C. Oyarzún. 2006. Forests and water: The value of native temperate forests in supplying water for human consumption. *Ecological Economics* 58: 606-616.
- Oyarzún, C., L. Nahuelhual y D. Nuñez. 2004. Los servicios ecosistémicos del bosque templado lluvioso: producción de agua y su valor económico. *Ambiente y Desarrollo* 20: 88-95.
- SCEP. 1970. *Study of Critical Environmental Problems*. Man's impact on the Global Environment. MIT Press, Cambridge.
- Soto, D., I. Arismendi, C. Di Prinzio y F. Jara. 2007. Establishment of Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in Pacific basins of southern South America and its potential ecosystem implications. *Revista Chilena de Historia Natural* 80: 81-98.
- Soto, D., I. Arismendi, J. Gonzalez, J. Sanzana, F. Jara, C. Jara, E. Guzman y A. Lara. 2006. Southern Chile, trout and salmon country: invasion patterns and threats for native species. *Revista Chilena de Historia Natural* 79: 97-117.

Foto: istockphoto.com.