

Investigación socio-ecológica a largo plazo en la Patagonia Austral: Estrategias interdisciplinarias para lograr la conservación de los recursos naturales a través de un manejo sustentable bajo escenarios de cambio global

G. Martínez Pastur^{1*}, P.L. Peri², M.V. Lencinas¹, R. Soler¹, H.A. Bahamonde³, A.E.J. Valenzuela^{4,5}, J.L. Cabello⁶, C.B. Anderson^{1,4}

- (1) Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Houssay 200 (9410) Ushuaia, Tierra del Fuego, Argentina.
- (2) Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA) y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). CC 332 (9400) Río Gallegos, Santa Cruz, Argentina.
- (3) Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). CC 332 (9400) Río Gallegos, Santa Cruz, Argentina.
- (4) Instituto de Ciencias Polares, Ambiente & Recursos Naturales, Universidad Nacional de Tierra del Fuego (UNTDF). Onas 450 (9410) Ushuaia, Tierra del Fuego, Argentina.
- (5) Coordinación Patagonia Austral, Administración de Parques Nacionales (APN). San Martín 1395 (9410) Ushuaia, Tierra del Fuego, Argentina.
- (6) Patagonia Wildlife. Parcela 40, Villa Andrea, Punta Arenas, Magallanes, Chile.

* Autor de correspondencia: G. Martínez Pastur [gpastur@conicet.gov.ar]

> Recibido el 02 de junio de 2015 - Aceptado el 26 de diciembre de 2015

Martínez Pastur, G., Peri, P.L., Lencinas, M.V., Soler, R., Bahamonde, H.A., Valenzuela, A.E.J., Cabello, J.L., Anderson C.B. 2016. Investigación socio-ecológica a largo plazo en la Patagonia Austral: Estrategias interdisciplinarias para lograr la conservación de los recursos naturales a través de un manejo sustentable bajo escenarios de cambio global. *Ecosistemas* 25(1): 49-57. Doi.: 10.7818/ECOS.2016.25-1.06

Las dimensiones ecológicas, sociales, institucionales y políticas de los problemas ambientales abarcan escalas espaciales y temporales que exceden a la mayoría de las investigaciones científicas. Una alternativa que crece con el tiempo a nivel mundial es la aproximación Long-Term Ecological Research (LTER) o Long-Term Socio-Ecological Research (LTSER), pero que presenta vacíos temáticos y geográficos. Uno de estos vacíos es la Argentina, sin embargo, existe una gran cantidad de experiencia para poder integrar potencialmente al país a dicha red. El objetivo de este trabajo es evaluar el marco general de la investigación ecológica a largo plazo que se realiza en Argentina, y particularmente en la Patagonia Austral, tomamos dos líneas de trabajo como estudios de caso: (i) la ecología y conservación de los bosques nativos a través del manejo forestal y silvopastoril sostenible, y (ii) la ecología y el manejo de las invasiones biológicas. Se presenta una reseña de las investigaciones realizadas (en el pasado y al presente), sus resultados, las estrategias aplicadas en el pasado y las lecciones aprendidas. Esta reseña permite inferir acerca de la factibilidad de implementar esta aproximación en la Argentina, y que el mismo pueda ser sostenidos en el tiempo y que sea integrados entre distintas disciplinas y tomadores de decisiones. Se concluye que existe un potencial actual y grandes oportunidades a futuro para poder consolidar una red del tipo LTER/LTSER en Argentina.

Palabras clave: manejo forestal; uso silvopastoril; dimensión socio-ecológica; especies invasoras; red de parcelas permanentes de largo plazo.

Martínez Pastur, G., Peri, P.L., Lencinas, M.V., Soler, R., Bahamonde, H.A., Valenzuela, A.E.J., Cabello, J.L., Anderson C.B. 2016. Long-term socio-ecological research in Southern Patagonia: Interdisciplinary strategies to achieve natural resource conservation by sustainable management under scenarios of global change. *Ecosistemas* 25(1): 49-57. Doi.: 10.7818/ECOS.2016.25-1.06

The ecological, social, institutional and political dimensions of environmental problems encompass spatial and temporal scales that exceed the majority of scientific research projects. An alternative that has increased over time throughout the world is the Long-Term Ecological Research (LTER) or Long-Term Socio-Ecological Research (LTSER) approach, but this initiative has thematic and geographic gaps. One of these is Argentina, but there is a great quantity of experience that can be brought to bear on the integration of our country into this network. The objective of this work is to evaluate the general framework of long-term ecological research in Argentina, particularly southern Patagonia. We take two lines of investigation as case studies (i) the ecology and conservation of native forests via forestry management, and (ii) the ecology and management of biological invasions. A summary of research (past and present) is presented, the principal results obtained, strategies applied and lessons learned. This review allows us to make inferences regarding the feasibility of implementing this type of program in Argentina, which can be sustained over time and be integrated between disciplines and with decision-makers. We conclude that there are both great potential and opportunities to consolidate an LTER/LTSER-type network in Argentina.

Key words: forest management; invasive species; long-term permanent plot network; silvopastoral use; socio-ecological dimensions.

Introducción

Las dimensiones ecológicas, sociales, institucionales y políticas de los problemas ambientales abarcan escalas espaciales y temporales que exceden a la mayoría de los proyectos de investigación tradicionales. Por este motivo, surgió la necesidad de diseñar estrategias y programas de investigación que permitan abordar estos fenómenos dentro de sus dinámicas reales (Collins et al. 2011; Carpenter et al. 2012), y en consecuencia, en el año 1980, se creó en los Estados Unidos el programa *Long-Term Ecological Research* (LTER) dentro de la Fundación Nacional de la Ciencia (Callahan 1984). Posteriormente, los programas LTER se expandieron por todo el mundo, llegando a constituir una red internacional (ILTER) (Parr 2010). Además, dicho crecimiento también se produjo hacia otras disciplinas, desde lo estrictamente ecológico hasta incluir a la dimensión social, llamándose *Long-Term Socio-Ecological Research* (LTSER) (Redman et al. 2004; Haberl et al. 2006). Pese al crecimiento y la dispersión mundial de estas redes, en la actualidad todavía existen carencias en cobertura geográfica y temas de trabajo a largo plazo, especialmente en el extremo sur de América (Anderson et al. 2012).

En paralelo y formalmente fuera de la red ILTER, existen otras aproximaciones que contemplan el monitoreo (Lovett et al. 2007) y la observación (Sagarin y Pauchard 2010) a largo plazo. Además, a niveles regionales y globales, existe una gran diversidad de redes de investigación o de investigadores, como por ejemplo GLEON, NEON, ALTERNET, IPCC, MIREN, GLORIA, solo para nombrar algunos. Dentro de estos programas, cabe destacar que la nueva tendencia (e.g. *International Platform for Biodiversity and Ecosystem Services-IPBES*) busca explícitamente integrar no solo las dimensiones sociales y ecológicas del ambiente sino también incluir a actores sociales no tradicionales (comunidades aborígenes, gestores, tomadores de decisiones, pobladores rurales, etc.) y también darle la misma importancia al diseño e implementación de políticas públicas que a la propia investigación científica (e.g. *Future Earth*). En este sentido, si bien la aproximación LTER fue la pionera, es importante reconocer que existen múltiples formas de lograr que la meta de investigación a largo plazo sea integrada, tanto en el sentido interdisciplinario como también por el vínculo ciencia-sociedad. Lo crucial es tomar en cuenta las particularidades, oportunidades y necesidades de cada caso, ya que la meta en común es realizar investigación de calidad y de relevancia que perdure en el tiempo, y de esta forma superar los obstáculos que han sido identificados para alcanzar los objetivos del LTSER, tales como: (i) financiamiento a largo plazo, (ii) conformación de equipos de trabajo estables e interdisciplinarios, (iii) colaboración entre los sitios integrantes, (iv) relevancia de la investigación para la realidad local, e (v) instalación de infraestructura apropiada (Anderson et al. 2008; 2012).

En este contexto, el objetivo de este trabajo es evaluar el marco general de la investigación ecológica a largo plazo que se realiza en la Patagonia Austral. Tomamos dos líneas de trabajo como estudios de caso: (i) la ecología y conservación de los bosques nativos a través del manejo forestal y silvopastoril sostenible, y (ii) la ecología y el manejo de las invasiones biológicas. En cada caso consideramos (i) una reseña de las investigaciones realizadas y sus resultados, y (ii) las estrategias usadas y las lecciones aprendidas para implementar estos programas para que puedan ser sostenidos en el tiempo y que sean integrados entre distintas disciplinas y los tomadores de decisiones. De esta forma se busca identificar el potencial actual y las oportunidades a futuro para consolidar una red del tipo LTER/LTSER en Argentina.

Sitios de estudio

La Patagonia es un área geográfica que abarca el extremo austral del continente americano y está compartida entre Argentina y Chile. En el imaginario social persiste la noción que es un desierto remoto y prístino, cuando en realidad este lugar apartado del planeta experimenta impactos antrópicos desde hace más de 10 000 años, pero con un aumento significativo en el cambio ecológico desde la llegada de la colonización europea a partir del siglo XVI en Patago-

nia (Moss 2008). En el contexto histórico reciente, la Argentina basó y pensó su economía principalmente en términos de la ganadería y la agricultura, donde el bosque aparece como un obstáculo para el desarrollo económico. En un comienzo lo fue para la implementación de forrajes para el desarrollo ganadero, y más recientemente (en el centro-norte de Argentina) fue un obstáculo para la expansión agropecuaria, principalmente del cultivo de soja (Grau et al. 2005). También, para el caso de la Patagonia, pensarla como un desierto justificó, no solo el exterminio de los pueblos originarios y su colonización con inmigrantes europeos, sino también la introducción de modelos de desarrollo que incluyeron la transformación del paisaje para fines productivos y la introducción de especies exóticas provenientes del hemisferio norte. Para el caso particular de Patagonia Austral, se ocupó toda la estepa y pastizales para la ganadería y posteriormente se amplió la frontera mediante la remoción del bosque vecino por medio de incendios para su transformación en pastizales (Rothkugel 1916). Luego, esta práctica de transformación fue señalada como inaceptable para el desarrollo forestal (Alfonso 1942; Alonso et al. 1968), jerarquizando el manejo de los bosques nativos y proponiéndose distintas estrategias de cosecha a lo largo del tiempo (e.g. Gea et al. 2004) hasta llegar a prácticas que combinan variables económicas, ecológicas y sociales (e.g. retención variable) (Martínez Pastur et al. 2009). La ganadería (ovina y vacuna) sigue siendo una de las principales actividades económicas dentro de la Patagonia Austral, y en la actualidad se desarrolla un intenso uso del pastizal y del bosque como áreas de pastoreo sin mayor planificación, a pesar de haberse propuesto una estrategia de manejo silvopastoril que genera sinergias positivas y que mejora los parámetros económicos y ecológicos (Martínez Pastur et al. 2013). Del mismo modo, esta percepción del desierto patagónico, y por ende de una supuesta falta de biodiversidad y su productividad asociada, llevó a que distintas iniciativas gubernamentales y privadas principalmente en los años '40, promovieran la introducción de especies con supuesto valor económico como es el caso de la posible industria peletera que justificó la introducción de especies como el castor (*Castor canadensis*), el visón (*Neovison vison*) y la rata almizclera (*Ondatra zibethica*). Es así que actualmente, la Patagonia Austral experimenta en mayor o menor medida las distintas dimensiones del cambio ecológico global: fragmentación y degradación de hábitat, cambio climático, invasiones biológicas y/o contaminación, modificando el equilibrio existente entre los ecosistemas.

La ecología y la conservación de los bosques nativos a través de un manejo forestal y silvopastoril sostenible

Reseña

La investigación forestal en la Argentina está estrechamente vinculada con la administración del recurso forestal. Los primeros trabajos de investigación realizados en Patagonia Austral (e.g. Alfonso 1942) fueron llevados a cabo por el Ministerio de Agricultura de la Nación, y posteriormente por la Dirección Forestal de la Nación (año 1943) y la Administración Nacional de Bosques (año 1948), los que buscaban el ordenamiento de los bosques fiscales bajo un criterio de sustentabilidad y abastecimiento de mercados (Piterbarg 1965), y que impulsaron el estudio de los bosques nativos en todo el país y en Patagonia en particular junto a distintas Universidades (e.g. Costantino 1950; Alonso et al. 1968). Este esquema de investigación continuó hasta 1991 con los sucesivos organismos de gestión, como el Servicio Forestal Nacional (año 1968), el Servicio Nacional Forestal (año 1969) y el Instituto Forestal Nacional (año 1973). A partir de entonces y hasta el presente, cambiaron los objetivos y las instituciones intervinientes, dejando de tener protagonismo aquellas ligadas a la gestión de los recursos naturales. Actualmente, la investigación forestal es liderada por instituciones nacionales (e.g. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Administración de Parques Nacionales y distintas universidades) (Martínez Pastur et al. 2010).

Las investigaciones forestales en Patagonia Austral, más allá de los objetivos específicos, buscaron sentar las bases científicas de investigación a largo plazo para conservar, proteger y mejorar

el manejo de los bosques nativos (Costantino 1950; Piterbarg 1965; Mutarelli y Orfila 1969). Las primeras parcelas permanentes de estudio a largo plazo son del año 1965 (Tabla 1) y tuvieron como objetivo medir parámetros económicos y de estructura forestal, seleccionando parcelas que representaran el ciclo forestal en un gradiente de edades (Mutarelli y Orfila 1969; 1971; 1973). En Tierra del Fuego se establecieron cerca de 20 parcelas de diferentes tipos: (i) métodos de regeneración (e.g. talas rasas y cortas de selección), (ii) tratamientos intermedios (e.g. raleos que consisten en eliminar individuos de modo de conducir la masa forestal), (iii) clausuras contra animales domésticos, y (iv) forestación con especies exóticas (e.g. *Pseudotsuga menziesii*).

Gran parte de estas parcelas fueron abandonadas o destruidas con el paso de los años. El fracaso en la implementación de estas primeras parcelas permanentes de estudio a largo plazo se debió a cuatro factores principales (Martínez Pastur et al. 2010): (i) la falta de planificación en el uso de la tierra por parte de los gobiernos; (ii) el escaso interés de la sociedad en la conservación del medio ambiente y la investigación forestal a largo plazo, (iii) la falta de compromiso de las principales instituciones científicas, así como de los administradores del recurso forestal, para financiar estudios forestales a largo plazo, y (iv) la escasa participación de dueños de campos y empresas forestales. Las diferentes instituciones responsables de la instalación de los ensayos (Tabla 1) nunca establecieron programas para asegurar su financiamiento, mantenimiento y plan de monitoreo a largo plazo, quedando la continuidad de la medición de las parcelas bajo la exclusiva responsabilidad e iniciativa de los propios investigadores científicos.

La investigación desarrollada por los organismos de gestión solo consideraba aspectos económicos y forestales para el manejo del recurso (Piterbarg 1965; Mutarelli y Orfila 1971; 1973), pero con el protagonismo de las nuevas instituciones se comenzó a jerarquizar un estudio más holístico y complejo, incluyendo no sólo los ambientes productivos en términos forestales o ganaderos, sino otros elementos del paisaje (e.g. ambientes asociados no-productivos como bosques de protección, pastizales de altura, turbales). Es así que, a partir de estas investigaciones, se desarrollaron diversas líneas de estudio, por ejemplo: (i) la ecología (e.g. Richter y Frangi 1992; Frangi y Richter 1994; Bahamonde et al. 2015); (ii) la biodiversidad (e.g. Lencinas et al. 2014); (iii) la conservación (e.g. Martínez Pastur et al. 2013); (iv) las especies invasoras y la restauración (e.g. Anderson et al. 2011; Henn et al. 2014); (v) los impactos del manejo (e.g. Peri et al. 2013a; Soler et al. 2015); y (vi) nuevas estrategias de manejo (e.g. Martínez Pastur et al. 2009; 2013).

Estrategias y lecciones

La falta de redes de colaboración fue una de las principales causas de la falta de continuidad en estos estudios de largo plazo, entendiéndose a éstas como aquellos vínculos y conexiones establecidos entre investigadores, profesionales y gestores de distintos grupos e instituciones, tendientes a la formación o consolidación de equipos colaborativos de trabajo con características formales, con proyección en el tiempo y con resultados medibles en productos verificables. El objetivo de estas redes de colaboración debería ser potenciar el intercambio dinámico entre sus integrantes, posibilitando el fortalecimiento de su trabajo y el mayor desarrollo del conocimiento científico del que se lograría si se actuara en forma aislada generando resultados que aborden problemáticas de interés para la sociedad. Es por ello, que con posterioridad, a mediados de la década de los años 90 se establecieron programas de colaboración para el sur de Patagonia entre diferentes instituciones nacionales (el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas), Universidades (Universidad Nacional de La Plata, Universidad Nacional de la Patagonia Austral y Universidad Nacional del Sur), establecimientos agropecuarios y empresas forestales (aserraderos y carpinterías industriales) (Martínez Pastur et al. 2007; 2010). Estos programas de colaboración generaron una red de parcelas permanentes para estudios a largo plazo (Tabla 2),

Tabla 1. Primeras parcelas de estudio a largo plazo en bosques de Patagonia Austral.

Table 1. First long-term study plots in southern Patagonian forests.

Parcela	Año	Objetivos del estudio	Provincia
Laguna Negra	1965	Raleos	Tierra del Fuego
Río Tristen-Vega Café	1965	Talas rasas	Tierra del Fuego
Lago Roca	1965	Cortas de regeneración	Tierra del Fuego
Río Tierra Mayor	1965	Talas rasas	Tierra del Fuego
Aguas Blancas	1965	Talas rasas, raleos y podas	Tierra del Fuego
Monte Redondo	1966	Talas rasas	Tierra del Fuego
Cañadón del Toro	1966	Raleos y cortas de regeneración	Tierra del Fuego
Lapataia - Ensenada	1966	Raleos	Tierra del Fuego
Lago Escondido	1966	Raleos	Tierra del Fuego
Río Milnak	1966	Raleos	Tierra del Fuego

Referencias: Cozzo et al. (1967; 1969), Mutarelli y Orfila (1969).

Tabla 2. Parcelas de estudio permanentes a largo plazo existentes en Patagonia Austral.

Table 2. Current long-term study plots in southern Patagonia.

Parcela	Año	Objetivos del estudio	Provincia
Aguas Blancas	1965	Talas rasas, raleos y podas	Tierra del Fuego
Moat	1993	Raleos	Tierra del Fuego
San Justo	1996	Estrategias de raleo para reducir la caída por viento	Tierra del Fuego
Stag River	1996	Raleos bajo diferentes niveles de cobertura del dosel	Santa Cruz
San Justo - Rodal 13	1997	Cortas de regeneración	Tierra del Fuego
San Justo - Rodal 4	2001	Cortas de regeneración con retención variable	Tierra del Fuego
Tres Marías	2003	Sistemas silvopastoriles	Santa Cruz
Cancha Carrera	2003	Sistemas silvopastoriles	Santa Cruz
Los Cerros	2004	Cortas de regeneración con retención variable	Tierra del Fuego
Nibepo Aike	2004	Sistemas silvopastoriles	Santa Cruz
San Pablo	2009	Raleos y sistemas silvopastoriles	Tierra del Fuego
Parque Nacional	2010	Comunidades de aves y cambio climático	Tierra del Fuego
Lago Escondido	2012	Raleos y cortas de regeneración	Tierra del Fuego
Cerro Gloria	2013	Vegetación alpina y cambio climático	Tierra del Fuego
Lago Viedma	2014	Vegetación alpina y cambio climático	Santa Cruz
Pirinaica	2014	Sistemas silvopastoriles	Tierra del Fuego

Referencias: Cozzo et al. (1969), Mutarelli y Orfila (1973), Martínez Pastur et al. (1999; 2001; 2002; 2007; 2010; 2013; 2015), Peri et al. (2002; 2013a; 2013b), Bahamonde et al. (2012; 2013a; 2013b; 2015), Lencinas et al. (2014), Soler et al. (2015).

que culminaron con la creación de la red PEBANPA (Parcelas de Ecología y Biodiversidad de Ambientes Naturales en Patagonia Austral) en 2014, a los fines de proporcionar una herramienta para el manejo sustentable de los principales ecosistemas patagónicos (estepa, mallines o humedales, arbustales y bosque nativo).

Esta nueva red de parcelas tuvo diferentes objetivos a lo largo de los años, pero siempre priorizó la inclusión de comparaciones entre los valores de las variables antes y después de las prácticas silvícolas propuestas (Before-After-Control-Impact o enfoque BACI) para determinar la extensión de la variación en la biodiversidad antes de la implementación del tratamiento (Underwood 1991). Las primeras parcelas de esta segunda etapa, se establecieron para determinar mejoras en las prácticas silvícolas de bosques secundarios de *Nothofagus pumilio* y *N. betuloides*, ensayando diferentes estrategias de manejo mediante la aplicación de raleos y podas: (i) Aguas Blancas (año 1965, con re-instalaciones en los años 1985 y 1999), (ii) Moat (año 1993), (iii) San Justo (año 1996), (iv) Stag River (año 1996) y (v) Lago Escondido (año 2012) (Martínez Pastur et al. 2001; 2002; Peri et al. 2002; 2013b). Luego se establecieron parcelas permanentes para definir las estrategias de cosecha más efectivas (e.g. San Justo - Rodal 13 en el año 1997, Martínez Pastur et al. 1999), y a los fines de identificar indicadores para el monitoreo del impacto del manejo forestal. Posteriormente, varias empresas forestales consideraron la posibilidad de mejorar las prácticas silvícolas para acceder a nuevos mercados internacionales o ingresar en procesos de certificación. En este marco, se comenzaron estudios de biodiversidad a diferentes escalas de paisaje (e.g. Lencinas et al. 2005; 2008a; 2008b), y se establecieron parcelas para la implementación de nuevos sistemas silviculturales basados en la retención variable (San Justo - Rodal 4 en el año 2001, Los Cerros en el año 2004 y Lago Escondido en el año 2012). Las parcelas de estudio con retención variable incluyeron el monitoreo de variables forestales, ambientales y de biodiversidad para identificar indicadores de manejo sostenible y para el monitoreo del impacto del manejo forestal (e.g. Martínez Pastur et al. 2009; 2013; Lencinas et al. 2014; Soler et al. 2015).

Asimismo, en los últimos años creció el interés para establecer propuestas de manejo sostenible para los bosques de *N. antarctica* en Patagonia Austral (Peri 2005; 2006), ya que en ellos se desarrolla una parte significativa de la ganadería regional. Para ello se establecieron tres parcelas de estudios a largo plazo en la provincia de Santa Cruz para monitorear el manejo silvopastoril analizando diferentes intensidades de raleo, la mejora en la producción de los pastizales, la carga animal, y para proveer estrategias de preservación del estrato de árboles nativos en el tiempo: (i) Tres Marías (año 2003), (ii) Cancha Carrera (año 2003), y (iii) Nibepo Aike (año 2004). Posteriormente, se amplió la red a Tierra del Fuego, estableciendo parcelas de raleo en San Pablo (año 2009) y parcelas para el análisis diferencial de la herbivoría nativa (e.g. guanacos) y doméstica (ganado vacuno y ovino) en Pirinaica (año 2014) (Fig. 1). Finalmente, también se estableció una parcela para el seguimiento de las comunidades de aves del bosque en el Parque Nacional Tierra del Fuego (año 2010) (Martínez Pastur et al. 2015) para analizar los cambios que se producen con el cambio climático en parcelas de seguimiento a largo plazo, tanto con censos como con capturas y anillados en redes de niebla (Fig. 2).

Los seguimientos en todas las parcelas permanentes de la red incluyeron parámetros económicos, silvícolas y ecológicos. Para ello fue necesario armonizar los métodos de seguimiento, donde se realizaron esfuerzos para usar metodologías similares a las propuestas para otros ecosistemas (e.g. estudios silvícolas de largo plazo en Magallanes, Chile) (Schmidt y Urzúa 1982). Los parámetros económicos y silvícolas incluyeron: (i) estimaciones de crecimiento individual y de rodal en rodales intervenidos y no intervenidos (e.g. Moat), bajo diferentes condiciones de copa (e.g. Stag River), diferentes consideraciones económicas de implementación de raleos incluyendo la aplicación de podas (e.g. Aguas Blancas), estrategias para reducir el riesgo de volteo de viento (e.g. San Justo), o la aplicación de sistemas silvopastoriles (e.g. Tres Marías, Cancha Carrera, Nibepo Aike, San Pablo, Pirinaica); (ii)

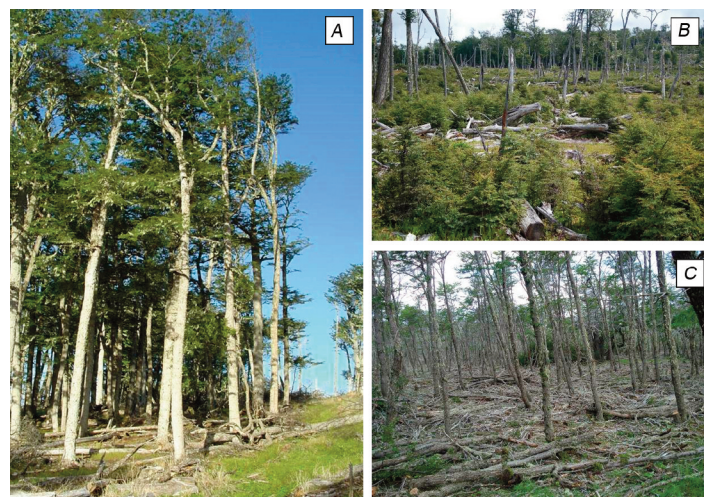


Figura 1. Parcelas de estudio a largo plazo en bosques manejados: (A) Retención variable en bosques de *Nothofagus pumilio* en Estancia Los Cerros; (B) Corta de protección en bosques de *N. pumilio* en Estancia San Justo; (C) Raleos para uso silvopastoril en bosques de *N. antarctica* en Cancha Carrera.

Figure 1. Long-term study plots in managed forests: (A) Variable retention in *Nothofagus pumilio* forests from Los Cerros Ranch; (B) Shelterwood cuts in *N. pumilio* forests from San Justo Ranch; (C) Thinnings for silvopastoral use in *N. antarctica* forests from Cancha Carrera.

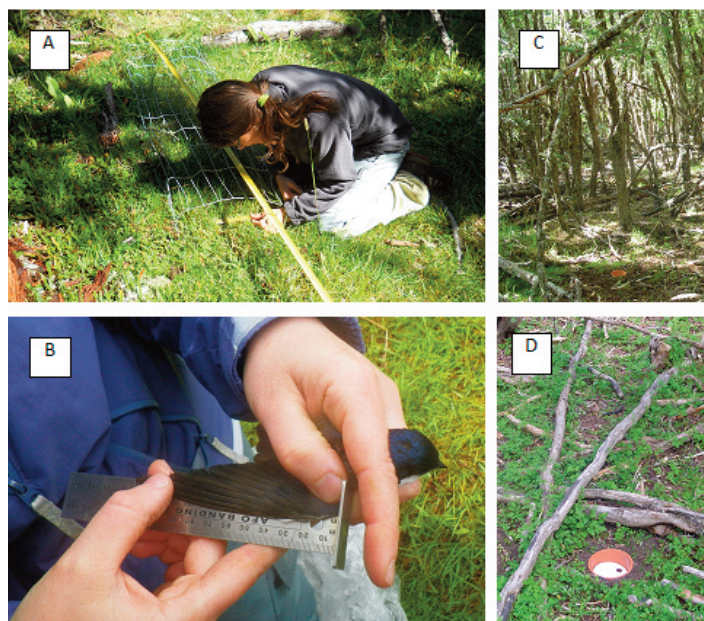


Figura 2. Muestreos en parcelas de estudio a largo plazo en biodiversidad: (A) Dinámica del sotobosque en Los Cerros; (B) Anillado de aves en el Parque Nacional Tierra del Fuego; (C) Ensamble de comunidades de insectos en San Pablo; (D) Detalle de instalación de trampa pitfall.

Figure 2. Sampling in long-term biodiversity study plots: (A) Understory dynamics in Los Cerros Ranch; (B) Banding birds in Tierra del Fuego National Park; (C) Assemblage of insect communities at San Pablo Ranch; (D) Detail pitfall trap installation.

rendimiento de cosecha con destino aserrado o leña en bosques secundarios (e.g. San Justo - Rodal 13), retención variable (Ea. San Justo - Rodal 4, Los Cerros) o la aplicación de sistemas silvopastoriles (Tres Marías, Cancha Carrera, Nibepo Aike, San Pablo); y (iii) la dinámica del dosel remanente luego de las cortas (e.g. San Justo - Rodales 4 y 13, Los Cerros, Nibepo Aike). Los parámetros ecológicos incluyeron: (i) patrones de producción de flores y semillas, así como dinámica de la regeneración considerando gradientes de coberturas de copas (Ea. San Justo - Rodal 4 y 13, Los Cerros), y disponibilidad hídrica en el suelo (e.g. Tres Marías, Can-

cha Carrera, Nibepo Aike); (ii) variables microclimáticas; (iii) biodiversidad, incluyendo aves, insectos, arácnidos, plantas superiores, helechos, musgos y hongos; (iv) herbivoría de especies nativas y domésticas (e.g. Los Cerros, Pirinaica); (v) productividad de forrajes para diferentes alternativas de sistemas silvopastoriles (e.g. Tres Marías, Cancha Carrera, Nibepo Aike); (vi) estudios ecofisiológicos; y (vii) producción de hojarasca, ciclos de nutrientes y cambios en las propiedades del suelo (e.g. [Martínez Pastur et al. 2001; 2002; 2007; 2010; 2013; 2015; Peri et al. 2002; 2013a; 2013b; 2015; Simanonek et al. 2011; Henn et al. 2014; Lencinas et al. 2014; Baha-monde et al. 2012; 2013a; 2013b; 2015](#)).

El establecimiento de la red de parcelas PEBANPA tuvo en cuenta las lecciones del pasado, tratando de mejorar la aplicabilidad de los planes de monitoreo para el futuro ([Martínez Pastur et al. 2010](#)): (i) gran parte de las parcelas se instalaron sobre terrenos privados para evitar cambios inesperados en la gestión de los terrenos, pudiendo planificar con los propietarios la instalación de los ensayos, (ii) la ubicación, diseño y establecimiento de las parcelas se realizó mayormente en conjunto con las empresas privadas y establecimientos agropecuarios, (iii) se firmaron acuerdos entre Instituciones Nacionales para el seguimiento de los ensayos, y (iv) se establecieron políticas de concienciación entre empresarios y dueños de establecimientos agropecuarios sobre la importancia de los estudios a largo plazo. En el caso de la investigación y el manejo forestal, encontramos claros ejemplos que demuestran la posibilidad de mejorar el uso sostenible de los bosques de *Nothofagus* en base al conocimiento científico, favoreciendo su regeneración, conservación y desarrollo, y por la estabilización de las industrias en defensa del patrimonio forestal nacional ([Mutarelli y Orfila 1973](#)). Pero estos casos también demostraron la necesidad de contar con información de largo plazo para definir estrategias de manejo sostenibles ([Martínez Pastur et al. 2013](#)) y que son dinámicas en el tiempo y consideran la dimensión humana ([Carpenter et al. 2012](#)). Yendo al caso de la Patagonia Austral, se puede decir que los datos generados a través de la red PEBANPA y la infraestructura alcanzada en los últimos 25 años podrían ser usados como punto de partida para definir un núcleo regional que pudiera participar de las iniciativas LTER/LTSE. Sin embargo, las instituciones de investigación y administrativas, los gobiernos, las compañías forestales, los estancieros y los aserraderos deben cooperar y adoptar un compromiso sostenido para financiar y mantener estas por demás únicas parcelas y plataformas de investigación a largo plazo ([Martínez Pastur et al. 2010](#)). Asimismo, se deben garantizar proyectos financiados a largo plazo (>5 años), y donde la continuidad del estudio de las parcelas permanentes sea de responsabilidad institucional, y no bajo la exclusiva responsabilidad e iniciativa de los propios investigadores científicos participantes.

La ecología y el manejo de las invasiones biológicas

Reseña

Las primeras introducciones de especies exóticas en la región se remontan a la llegada de los colonos europeos e incluyen especies como el ganado, las mascotas e introducciones accidentales como las ratas. Luego, entre la segunda mitad del siglo XIV y la primera mitad del siglo XX, hubo una diversidad de iniciativas tanto del gobierno como de privados para introducir especies percibidas como valiosas económicamente, ya sea para la caza (e.g. ciervos), la pesca (e.g. truchas) o la peletería (e.g. castor, visón y rata almizclera) ([Valenzuela et al. 2014](#)). Estas especies exóticas son originarias casi exclusivamente de Norteamérica y Europa, demostrando cómo los nuevos colonos reconstruyeron el paisaje patagónico para que coincida con las especies que ellos valoraban *a priori*. En varios casos los daños ambientales y económicos fueron detectados tempranamente, de modo que la reacción ante estas especies invasoras y su manejo tiene una historia más larga en Patagonia, que la propia disciplina científica que las estudia. Por ejemplo, para la década del 1940, la invasión del conejo europeo (*Oryctolagus cuniculus*) en Tierra del Fuego había provocado grandes problemas

a la ganadería, llegando a ser un competidor importante estimándose su población en 35 millones de individuos ([Jaksic et al. 2002](#)). Los ganaderos gestionaron acciones individuales y conjuntamente con el gobierno, y llegaron prácticamente a erradicar la especie en tan solo 20 años ([Valenzuela et al. 2014](#)). Si bien sobrevivieron dos pequeños núcleos poblacionales de conejos ([Anderson et al. 2006](#)), este antecedente demuestra la capacidad de unir esfuerzos entre los sectores privado y público para responder en forma eficaz ante una invasión biológica.

Más recientemente, la Patagonia Austral ha llegado a ser un laboratorio natural para estudiar la biología/ecología de invasiones y poner a prueba preguntas teóricas, aplicadas y más recientemente socialmente relevantes sobre las invasiones biológicas y, debido principalmente a que alberga un número elevado de especies exóticas invasoras ([Valenzuela et al. 2014](#)). Más aún, existen para la zona una gran cantidad de trabajos científicos sobre la temática que generan un importante cuerpo de información de estudios a largo plazo ([Anderson y Valenzuela 2014](#)). De este modo, con una trayectoria continua desde los años 1980, esta línea de investigación provee la oportunidad de reflexión sobre el quehacer científico en sí mismo y además, ofrece la ventaja de analizar el valor agregado de sostener una línea de investigación determinada. Sin embargo, revisando la producción científica sobre Patagonia Argentina y considerando solamente publicaciones sobre invasiones biológicas, se observó que dentro de las 179 publicaciones encontradas fueron pocos los esfuerzos de investigación sostenidos en el tiempo. Los salmónidos (17 % de los estudios), las coníferas (14 %) y los cérvidos (6 %) están, como grupos de especies, particularmente bien estudiados ([Anderson y Valenzuela 2014](#)). Aun así y considerando que sólo el ensamble de vertebrados exóticos invasores en la región supera más de 25 especies, es notable que únicamente nueve grupos taxonómicos presentaron más de cinco publicaciones. También se destaca dentro de la Patagonia, que existen pocos sitios y grupos de trabajo que han llegado a forjar un programa continuo de investigación, como en el caso del Archipiélago de Tierra del Fuego, donde hay una labor relativamente continua desde los años 1990 tanto en el lado argentino como en el chileno ([Fig. 3](#), modificado de [Anderson et al. 2011](#) y [Valenzuela et al. 2014](#)).

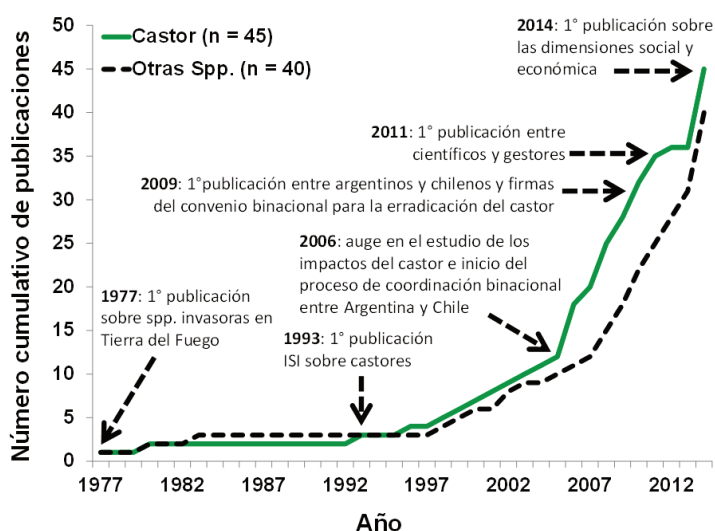


Figura 3. Tendencia en el número acumulado de publicaciones sobre especies invasoras en Tierra del Fuego desde 1977 hasta 2014 (línea verde = castor, línea punteada = otras especies invasoras). Modificado de [Anderson et al. \(2011\)](#) y [Valenzuela et al. \(2014\)](#).

Figure 3. Trend in the cumulative number of papers on invasive species in Tierra del Fuego between 1977 and 2014 (green line = beaver, dashed line = other invasive species). Modified from [Anderson et al. \(2011\)](#) and [Valenzuela et al. \(2014\)](#).

Por otra parte, se han detectado importantes sesgos en la producción científica que puede afectar tanto la calidad la relevancia de las investigaciones (Anderson y Valenzuela 2014). En una encuesta realizada entre los investigadores y gestores de recursos naturales sobre las prioridades respecto a la investigación en especies invasoras se encontró que estos profesionales incluyen tanto aspectos aplicados (e.g. estudios de manejo y desarrollo de políticas públicas) como de investigación básica (e.g. cuantificación de los impactos y autoecología). Sin embargo, declararon como más relevantes dos temáticas de investigación aplicada (Tabla 3). Estos profesionales están señalando que su trabajo debería priorizar la integración de su investigación con aplicaciones concretas. No obstante, cuando se compara la frecuencia entre lo declarado como investigación prioritaria (encuestas realizadas con especialistas argentinos en especies invasoras) con lo que realmente publican (producción científica de especies invasoras en la región patagónica) se encontraron claras discrepancias entre lo dicho y lo hecho (Anderson y Valenzuela 2014). Específicamente, la producción científica sobre temas de investigación básica como impactos ecológicos, presencia de especies y procesos de invasión es mayor que lo esperado según las encuestas, mientras que se realiza menos investigación en manejo y aspectos socio-políticos, los cuales son casi inexistentes en la literatura a pesar de ser los dos temas priorizados como más importantes. Adicionalmente, cuando se encuentran estudios enfocados en el manejo, en su gran mayoría resultaron ser revisiones bibliográficas y no investigaciones concretas sobre técnicas de manejo con aplicación directa.

Estrategias y lecciones

Solo mediante un trabajo continuo y sostenido sería posible corregir los sesgos mencionados, e ir adaptando la agenda de trabajo de las investigaciones sobre las invasiones biológicas de acuerdo a lo que se espera generar a un nivel científico y social. Sin embargo, en la Patagonia Austral en general, los resultados demuestran que ha habido una falta de estructuras institucionales para lograr una continuidad a largo plazo que permita establecer las bases de investigación, y posteriormente ir adaptando la agenda de trabajo para abarcar las múltiples dimensiones del problema vinculando el conocimiento con la acción y la gestión. No obstante, el caso del castor nos enseña lecciones sobre cómo lograr estrategias de investigación a largo plazo en este sentido institucional. A pesar de ser un ingeniero de ecosistemas con gran capacidad de cambiar la estructura y dinámica del ambiente que lo rodea, esta especie invasora no captó la atención de los científicos argentinos hasta aproximadamente cinco décadas después de su introducción (Lizarralde 1993). Sin embargo, con la consolidación de grupos de investigación en el Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC) a partir de la década de los 1980, se estableció el capital físico y humano necesario para estudiarlo y eventualmente ir modificando la agenda de trabajo para ser cada vez más relevante en los sentidos científico y social.

Las primeras investigaciones fueron enfocadas principalmente en documentar con progresiva profundidad y amplitud sus impactos, desde las distintas áreas disciplinarias del CADIC (Ciencias Biológicas, Ciencias de la Tierra y Ciencias Forestales). Así, se cuantificó su distribución y densidad (Lizarralde 1993), efecto en ciclos de nutrientes (Lizarralde et al. 1996), relación con la geomorfología fluvial (Coronato et al. 2004) e impacto en la vegetación ribereña (Martínez Pastur et al. 2006). Al mismo tiempo, este trabajo continuo de los investigadores se pudo relacionar y redundar en beneficios para la gestión ambiental, en particular la del Parque Nacional Tierra del Fuego, donde se diseñó e implementó el único programa a largo plazo de manejo de la especie en la región y que ha sido un proceso de co-aprendizaje entre la comunidad científica con los gestores del área protegida. Se ha demostrado que después de 15 años de implementación de los mismos protocolos y métodos ha podido reducirse el número de colonias grandes de castor en el área de estudio al mismo nivel que el año 1980 (Sanguinetti et al. 2014).

Tabla 3. Priorización de temas de investigación en biología de invasiones para la Patagonia Argentina por orden de importancia (modificado de Anderson y Valenzuela 2014).

Table 3. Prioritization of research topics reported in invasion biology for Argentine Patagonia, ranked by order of importance (modified from Anderson y Valenzuela 2014).

Ranking	Tipo de investigación (categoría)
1	Definir métodos de control (manejo)
2	Políticas públicas (políticas)
3	Impactos dañinos (impactos)
4	Biología y ecología de la especie (autoecología)
5	Vías de transporte y dispersión (procesos)
6	Distribuciones (patrones)
7	Dimensiones sociales y culturales (social)
8	Ecosistemas invadidos (invasibilidad)
9	Registrar presencia/ausencia (presencia)

Luego, la documentación del papel ecológico del castor en cambiar el paisaje, siendo tal vez el impacto más grande en estos ecosistemas desde el retroceso de la última glaciación (Anderson et al. 2009), y también las experiencias iniciales de manejo al nivel local, llevó a que las autoridades nacionales tomaran conciencia. Tanto es así que en el año 2008 el gobierno de Argentina firmó con Chile un *Acuerdo Binacional sobre la Restauración de los Ecosistemas Australes Afectados por el Castor* (Malmierca et al. 2011). De este modo, la base de información científica a largo plazo generada por distintas investigaciones originaron y fomentaron la posibilidad de institucionalizar espacios formales que requieren la vinculación con los organismos de gestión y tomadores de decisiones para la co-generación, entre científicos y gestores, de políticas concretas para el manejo de la especie (Anderson et al. 2011; Valenzuela 2014). En particular, el convenio planteó varios desafíos no contemplados previamente. Por un lado, llama a restaurar los bosques a su estado natural, pero los estudios han dejado en evidencia que la recuperación de los ecosistemas alterados no ocurre naturalmente en el mediano plazo y es necesaria una intervención que facilite la regeneración del bosque nativo (Martínez Pastur et al. 2006; Wallem et al. 2010). Por este motivo, actualmente se inició una nueva serie de estudios y monitoreo de varios años sobre la restauración activa en castoreras abandonadas, a partir de trasplantes de ejemplares jóvenes de *Nothofagus pumilio* (lenga) y *N. antarctica* (ñire) desde el bosque no impactado (Henn et al. 2014). También, debido a este proceso, llegó a ser evidente para los investigadores forestales y biológicos que la factibilidad técnica de erradicar el castor y restaurar los ecosistemas tiene que considerar a la dimensión humana. Por ejemplo, cuando se aplicó una encuesta en las principales ciudades de la región, tanto argentinas como chilenas, se encontró que la amenaza de las especies exóticas es percibida como importante por solo 15% de los residentes, mientras que el 44 % de los investigadores y gestores relacionados con los recursos naturales la identifica como prioritaria para la agenda conservación en la región (Zagarola et al. 2014). En base a este tipo de resultado, actualmente se están desarrollando investigaciones innovadoras con herramientas desde la psicología social para entender los modelos mentales estancios y propietarios de la isla para diseñar programas de control y erradicación del castor que toman en cuenta sus necesidades para aumentar su participación en dichas iniciativas (Santo et al. 2015).

Cabe señalar que Tierra del Fuego ha sido un sitio de estudio de importancia para científicos desde la época de Carlos Darwin, pero antes de la década de los 1980, estos estudios se hicieron en base a expediciones y campañas acotadas, principalmente en el

verano. El establecimiento del lugar como sitio de estudios a largo plazo *de facto* para las especies invasoras se debe del establecimiento del CADIC como institución que le ha dado una continuidad conceptual, humana y de infraestructura a esta línea de investigación que a su vez le dio la posibilidad de ir diversificando las investigaciones del castor y re-orientando el trabajo. En este sentido un valor agregado de una plataforma de investigación a largo plazo es haber logrado instalar el tema de las invasiones biológicas no solamente en la sociedad sino también en la agenda de los científicos, de los gestores y de los tomadores de decisiones y luego retroalimentarse de esos procesos. Queda en evidencia que el proceso social de la ciencia en sí misma requiere esta aproximación a largo plazo. Por ejemplo, el primer trabajo científico entre argentinos y chilenos sobre el castor no se logró hasta el año 2009 (Anderson et al. 2009) y el primer trabajo que combinaba los esfuerzos de los gestores y los investigadores no fue hasta el año 2011 (Malmierca et al. 2011).

A su vez, el trabajo continuo enfocado en una especie exótica ha favorecido nuevas líneas de investigación sobre ecología y manejo de otras especies exóticas, e.g. rata almizclera (*O. zibethica*, Deferrari 2007), peludo (*Chaetophractus villosus*, Poljak et al. 2007), visón americano (*Neovison vison*, Maley et al. 2011; Davis et al. 2012; Valenzuela et al. 2013), salmón chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*, Fernández et al. 2010) y la maleza *Hieracium pilosella* (Cipriotti et al. 2014). A su vez, varios autores explícitamente buscan vincular su trabajo con los tomadores de decisiones (e.g. Silva y Saavedra 2008; Fasola y Valenzuela 2014). Asimismo, se han aprobado financiamientos de proyectos específicos sobre especies invasoras a través de instrumentos gubernamentales (e.g. Ley de Bosques Nativos en Argentina, o el Fondo de Desarrollo de Magallanes en Chile) y académicos (e.g. PEININ de la Universidad Nacional de Tierra del Fuego y la Administración de Parques Nacionales en Argentina). De este modo, se espera un panorama favorable para el desarrollo de investigaciones sobre especies exóticas que sean co-producidas entre académicos y gestores, y que tengan una aplicación directa y un beneficio socio-ecosistémico sostenido. Finalmente, cabe destacar que debido a la necesidad de sostener en el tiempo, y a la importancia socio-ecológica de estas dos líneas de investigación a largo plazo en Patagonia Austral (forestal y especies invasoras), las mismas han encontrado puntos de encuentro, generando sinergias y preguntas en común que han llevado a investigaciones aplicadas con resultados concretos que aportan a ambas líneas (e.g. Simanonok et al. 2011).

Consideraciones finales

El término LTER fue definido hace 35 años (Callahan 1984), debido a que numerosos investigadores forestales y ecólogos plantearon la necesidad de institucionalizar una red de investigación y un mecanismo de financiamiento a largo plazo. Esta aproximación de investigación permitió abarcar las escalas temporales y geográficas que no son abordables mediante proyectos a corto plazo. Asimismo, en los últimos tiempos esta iniciativa ha expresado explícitamente su propósito de articular disciplinas relevantes que van más allá de la ecología y las ciencias forestales (e.g. antropología, sociología e historia ambiental), así como aspectos de relevancia social (e.g. educación, extensión y desarrollo de políticas públicas). En resumen, muchos de los objetivos de las investigaciones a largo plazo descritas para la Patagonia Austral que fueron planteados en este artículo se relacionan directamente con la aproximación LTER/LTSE, entendido como datos a largo plazo y estructuras que se requieren tanto para la formación de recursos humanos como para la integración de la información científica en la toma de decisiones. Está demostrado que la implementación de este enfoque en otros países del mundo ha sido posible gracias a iniciativas pre-existentes, donde ha quedado en evidencia la aplicabilidad de esta aproximación y su capacidad de ajustarse a distintos contextos socio-políticos y económicos, y así lograr beneficios tanto para la academia como para la sociedad.

Históricamente, el único rango latitudinal sin sitios LTER/LTSE en la red mundial fue la región templada de Sudamérica (35-55°S); sin embargo, a partir del año 2008, Chile ha trabajado en llenar ese vacío y logró el reconocimiento por ILTER en 2011 de una red con tres sitios (Anderson et al. 2010). En Argentina, aún no existen sitios y redes formales dentro de la ILTER, pero sí existe una base de programas e iniciativas (e.g. red PEBANPA al nivel regional o la red del Observatorio de Desertificación al nivel nacional, Anderson et al. 2012) e instituciones (e.g. CONICET y Universidades) que podrían servir para iniciar un programa de dichas características. Por otro lado, existe una necesidad urgente de mejorar la investigación académica en términos de escalas espaciales y temporales, así como también su relevancia social. Por ejemplo, los bosques y otros ecosistemas nativos han sufrido un enorme retroceso en el último siglo, y esta tasa de degradación se ha incrementado durante los últimos años con el aumento de la frontera agropecuaria (Grau et al. 2005). A su vez, en el caso de las especies invasoras, existe una paradoja en el país ya que se encuentran tanto iniciativas para controlarlas como para promover su introducción, incluso para la misma especie (e.g. cotos de caza de cérvidos introducidos, promoción de pesca deportiva en base a salmónidos exóticos). Una causa principal de estos problemas ambientales se basa en la desvinculación entre la ciencia, la sociedad, las empresas y los gobiernos, para reconocer los beneficios directos e indirectos, así como culturales, que brindan los ecosistemas y la flora y fauna nativa. Una forma eficaz para lograr no sólo la generación de conocimiento con sólidas bases científicas, sino además integrar esta información con la Industria y los Gobiernos es a través de programas y plataformas como LTER/LTSE.

Implementar una plataforma que permita no solo la investigación a largo plazo sino también la integración de la ciencia con la sociedad en la Argentina requiere superar desafíos prácticos, conceptuales e institucionales, tales como aquellos relacionados con: (i) los costos de operación, (ii) el acceso a sitios y datos, y (iii) la comunicación. Para manejar esta iniciativa a nivel nacional se necesita un mayor número de académicos y estructuras administrativas más efectivas, lo cual implica no solo la colaboración entre disciplinas, sino también la capacidad para integrar diferentes instituciones, autoridades de gobierno, gestores, tomadores de decisiones, empresarios, administradores de información tecnológica, de comunicadores y la sociedad en su conjunto. Una iniciativa LTER-Argentina implicaría investigación ecológica a largo plazo que abordaría problemáticas que abarquen décadas o aún plazos más largos, y debería involucrar a todas las regiones y biotas del país. La única forma de poder llevar adelante esta iniciativa es articular los esfuerzos institucionales, provinciales, nacionales e internacionales para lograr la relevancia y apoyo necesarios para mantener la iniciativa en el tiempo.

En la actual coyuntura de desarrollo económico y de conservación que posee el país, los objetivos estratégicos que debería incluir una red LTER-Argentina serían: (i) promover el diseño y puesta en funcionamiento de un Programa específico dentro del sistema nacional de ciencia para la creación del LTER-Argentina; (ii) buscar vincularse con otros programas e iniciativas al nivel nacional y provincial para resolver problemas y abordar temáticas de interés real; (iii) identificar potenciales sitios de estudio de largo plazo con suficientes trabajos previos, y asegurar representatividad de los principales biomas del país (en un comienzo basado en los sitios forestales como los que se presentaron y posteriormente incluyendo sitios de otros biomas); (iv) establecer acuerdos preliminares con las instituciones representantes y actores sociales clave; (v) celebrar acuerdos con otras dependencias del Gobierno Nacional, Provincias, Instituciones, ONGs y Empresas, para ayudar a solventar los gastos administrativos y de manutención en el tiempo del programa, así como ayudar a la búsqueda de financiamiento específico para los proyectos científicos y programas de monitoreo que se implementen en los diferentes sitios; y (vi) planificar programas internacionales e inter-disciplinarios de educación e investigación de campo basados en acuerdos de colaboración con las instituciones representantes.

Referencias

- Alfonso, J. 1942. Los bosques de Tierra del Fuego. *Revista Suelo Argentino* 1:47-51.
- Alonso, O., Mutarelli, E., Orfila, E. 1968. Resultado de los tres primeros años del plan de investigaciones silviculturales y dasométricas necesarias para la organización económica de los bosques subantárticos argentinos. *Revista Forestal Argentina* 12(1):3-31.
- Anderson, C.B., Rozzi, R., Torres-Mura, J.C., McGehee, S.M., Sherriffs, M.F., Schuettler, E., Rosemond, A.D. 2006. Exotic vertebrate fauna in the remote and pristine sub-Antarctic Cape Horn Archipelago region of Chile. *Biodiversity and Conservation* 10:3295-3313.
- Anderson, C.B., Rozzi, R., Likens, G.E., Gutiérrez, J.R., Poole, A., Armesto, J.J. 2008. Using long-term socio-ecological study sites to integrate research with society. *Environmental Ethics* 30:295-312.
- Anderson, C.B., Martínez Pastur, G., Lencinas, M.V., Wallem, P.K., Moorman, M.C., Rosemond, A.D. 2009. Do introduced North American beavers engineer differently in southern South America?—An overview with implications for restoration. *Mammal Review* 39:33-52.
- Anderson, C.B., Rozzi, R., Armesto, J.J., Gutiérrez, J. 2010. Building a Chilean network for long-term socio-ecological research: advances, perspectives and relevance. *Revista Chilena de Historia Natural* 83: 1-11.
- Anderson, C.B., Soto, N., Cabello, J.L., Wallem, P., Martínez Pastur, G., Lencinas, M.V., Antúnez, D., Davis, E. 2011. Building alliances between research and management to better control and mitigate the impacts of an invasive ecosystem engineer: The pioneering example of the North American beaver in the Fuegian Archipelago of Chile and Argentina. En: Francis, R. (ed.), *A handbook of global freshwater invasive species*, pp. 347-359. Earthscan Press, Londres, Reino Unido.
- Anderson, C.B., Celis-Diez, J.L., Bond, B.J., Martínez Pastur, G., Little, C., Armesto, J.J., Ghersa, C., Austin, A., Schlichter, T., Lara, A., Carmona, M., Chaneton, E.J., Gutiérrez, J., Rozzi, R., Vanderbilt, K., Oyarce, G., Fernández, R.J. 2012. Progress in creating a joint research agenda that allows networked long-term socio-ecological research in southern South America - Addressing crucial technological and human capacity gaps limiting its application in Chile and Argentina. *Austral Ecology* 37:529-536.
- Anderson, C.B., Valenzuela, A.E.J. 2014. Do what I say not what I do. Are we linking research and decision-making about invasive species in Patagonia? *Ecología Austral* 24:193-202.
- Bahamonde, H.A., Peri, P.L., Alvarez, R., Barneix, A., Moretto, A., Martínez Pastur, G. 2012. Litter decomposition and nutrients dynamics in *Nothofagus antarctica* forests under silvopastoral use in Southern Patagonia. *Agroforestry Systems* 84:345-360.
- Bahamonde, H.A., Peri, P.L., Alvarez, R., Barneix, A., Moretto, A., Martínez Pastur, G. 2013a. Silvopastoral use of *Nothofagus antarctica* in Southern Patagonian forests, influence over net nitrogen soil mineralization. *Agroforestry Systems* 87:259-271.
- Bahamonde, H.A., Peri, P.L., Monelos, L.H., Martínez Pastur, G. 2013b. Regeneración por semillas en bosques nativos de *Nothofagus antarctica* bajo uso silvopastoril en Patagonia Sur, Argentina. *Bosque* 34(1):89-101.
- Bahamonde, H.A., Peri, P.L., Martínez Pastur, G., Monelos, L.H. 2015. Litterfall and nutrients return in *Nothofagus antarctica* forests growing in a site quality gradient with different management uses in Southern Patagonia. *European Journal of Forest Research* 134:113-124.
- Callahan, J.T. 1984. Long-term ecological research. *BioScience* 34:363-367.
- Carpenter, S.R., Folke, C., Norström, A., Olsson, O., Schultz, L., Agarwal, B., Balvanera, P., Campbell, B., Castilla, J.C., Cramer, W., DeFries, R., Eyzaguirre, P., Hughes, T.P., Polasky, S., Sanusi, Z., Scholes, R., Spierenburg, M. 2012. Program on ecosystem change and society: an international research strategy for integrated social-ecological systems. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 4:134-8.
- Cipriotti, P.A., Collantes, M.B., Escartín, C., Cabeza, S., Rauber, R.B., Braun, K. 2014. Experiencias de largo plazo para el manejo de una hierba invasora de pastizales: El caso de *Hieracium pilosella* L. en la Estepa Fueguina. *Ecología Austral* 24:135-144.
- Collins, S.L., Carpenter, S.R., Swinton, S.M., Orenstein, D.E., Childers, D.L., Gragson, T.L., Grimm, N.B., Grove, J.M., Harlan, S.L., Kaye, J.P., Knapp, A.K., Kofinas, G.P., Magnuson, J.J., McDowell, W.H., Melack, J.M., Ogden, L.A., Robertson, G.P., Smith, M.D., Whitmer, A.L. 2011. An integrated conceptual framework for long-term social-ecological research. *Frontiers in Ecology and the Environment* 9:351-357.
- Coronato, A., Escobar, J., Mallea, C., Lizarralde, M.S. 2003. Características geomorfológicas de ríos de montaña colonizados por *Castor canadensis* en Tierra del Fuego, Argentina. *Ecología Austral* 13:15-26.
- Costantino, I. 1950. La lenga: Estudio forestal y método de tratamiento. *Revista de la Facultad de Agronomía de La Plata* 27(2):197-220.
- Cozzo, D., Mutarelli, E., Orfila, E. 1967. *Plan de Investigaciones silviculturales y dasonómicas necesarias para la organización económica de los bosques subantárticos argentinos*. Plan n°118. Convenio Cátedra de Dasonomía - UBA y CAFPTA. Buenos Aires, Argentina.
- Cozzo, D., Mutarelli, E., Orfila, E. 1969. *Plan de Investigaciones silvo-dasocráticas en las etapas de ordenación, recuperación y reproducción económica de los bosques Andino-Patagónicos*. Plan n°129. Convenio Cátedra de Dasonomía - UBA y CAFPTA. Buenos Aires, Argentina.
- Davis, E.F., Anderson, C.B., Valenzuela, A.E.J., Cabello, J.L., Soto, N. 2012. American mink (*Neovison vison*) trapping in the Cape Horn Biosphere Reserve: enhancing current trap systems to control an invasive predator. *Annales Zoologici Fennici* 49:18-22.
- Deferrari, G. 2007. *Biología y ecomorfología poblacional de la rata almizclera en Tierra del Fuego*. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
- Fasola, L., Valenzuela, A.E.J. 2014. Invasive carnivores in Patagonia: defining priorities for their management using the American mink (*Neovison vison*) as a case study. *Ecología Austral* 24:173-182.
- Fernández, D.A., Ciancio, J., Ceballos, S.G., Riva-Rossi, C., Pascual, M.A. 2010. Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*, Walbaum 1792) in the Beagle Channel, Tierra del Fuego: The onset of an invasion. *Biological Invasions* 12:2991-2997.
- Frangi, J.L., Richter, L. 1994. Balances hídricos de bosques de *Nothofagus* de Tierra del Fuego, Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía de La Plata* 70:65-79.
- Gea, G., Martínez Pastur, G., Cellini, J.M., Lencinas, M.V. 2004. Forty years of silvicultural management in southern *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser primary forests. *Forest Ecology and Management* 201:335-347.
- Grau, R.H., Gasparri, I., Aide, M. 2005. Agriculture expansion and deforestation in seasonally dry forests of north-west Argentina. *Environmental Conservation* 32(2):140-148.
- Haberl, H., Winiwarter, V., Andersson, K., Ayres, R.U., Boone, C., Castillo, A., Cunfer, G., Fischer-Kowalski, M., Freudenburg, W.R., Furman, E., Kaufmann, R., Krausmann, F., Langthaler, E., Lotze-Campen, H., Mirtl, M., Redman, C.L., Reenberg, A., Wardell, A., Warr, B., Zechmeister, H. 2006. From LTER to LTSE: Conceptualizing the socioeconomic dimension of long-term socioecological research. *Ecology and Society* 11(2):13.
- Henn, J.J., Anderson, C.B., Kreps, G., Lencinas, M.V., Soler, R., Martínez Pastur, G. 2014. Determining abiotic and biotic drivers that limit active riparian forest restoration in abandoned beaver meadows in Tierra del Fuego. *Ecological Restoration* 32(4):369-378.
- Jaksic, F.M., Iriarte, J.A., Jiménez, J.E., Martínez, D.R. 2002. Invaders without frontiers: cross-border invasions of exotic mammals. *Biological Invasions* 4:157-173.
- Lencinas, M.V., Martínez Pastur, G., Medina, M., Busso, C. 2005. Richness and density of birds in timber *Nothofagus pumilio* forests and their unproductive associated environments. *Biodiversity and Conservation* 14(10):2299-2320.
- Lencinas, M.V., Martínez Pastur, G., Anderson, C., Busso, C. 2008a. The value of timber quality forests for insect conservation on Tierra del Fuego Island compared to associated non-timber quality stands. *Journal of Insect Conservation* 12:461-475.
- Lencinas, M.V., Martínez Pastur, G., Rivero, P., Busso, C. 2008b. Conservation value of timber quality vs. associated non-timber quality stands for understory diversity in *Nothofagus* forests. *Biodiversity and Conservation* 17:2579-2597.
- Lencinas, M.V., Martínez Pastur, G., Gallo, E., Cellini, J.M. 2014. Decreasing negative impacts of harvesting over insect communities using variable retention in southern Patagonian forests. *Insect Conservation* 18:479-495.
- Lizarralde, M. 1993. Current status of the introduced beaver (*Castor canadensis*) population in Tierra del Fuego, Argentina. *Ambio* 22:351-358.
- Lizarralde, M., Deferrari, G., Alvarez, S., Escobar, J. 1996. Effects of beaver (*Castor canadensis*) on the nutrient dynamics of the southern beech forest of Tierra del Fuego (Argentina). *Ecología Austral* 6:101-105.
- Lovett, G.M., Burns, D.A., Driscoll, C.T., Jenkins, J.C., Mitchell, M.J., Rustad, L., Shanley, J.B., Likens, G.E., Haeuber, R. 2007. Who needs environmental monitoring? *Frontiers in Ecology and the Environment* 5(5):253-260.

- Maley, B.M., Anderson, C.B., Stodola, K., Rosemond, A.D. 2011. Identifying native and exotic predators of ground-nesting songbirds in subantarctic forests in southern Chile. *Anales del Instituto de la Patagonia* 39:51-57.
- Malmierca, L., Menvielle, M.F., Ramadori, D., Saavedra, B., Saunders, A., Soto, N., Schiavini, A. 2011. Eradication of beaver (*Castor canadensis*), an ecosystem engineer and threat to southern Patagonia. En: Veitch, C., Clout, M., Towns, D. (eds), *Island invasives: eradication and management, International Conference on Island Invasives*, pp. 87-90. IUCN (International Union for Conservation of Nature), Gland, Suiza.
- Martínez Pastur, G., Peri, P., Fernández, M.C., Staffieri, G. 1999. Desarrollo de la regeneración a lo largo del ciclo del manejo forestal de un bosque de *Nothofagus pumilio*: 1. Incidencia de la cobertura y el aprovechamiento o cosecha. *Bosque* 20(2):39-46.
- Martínez Pastur, G., Cellini, J.M., Lencinas, M.V., Vukasovic, R., Vicente, R., Bertolami, F., Giunchi, J. 2001. Modificación del crecimiento y de la calidad de fustes en un raleo fuerte de un rodal en fase de crecimiento óptimo inicial de *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser. *Ecología Austral* 11:95-104.
- Martínez Pastur, G., Cellini, J.M., Lencinas, M.V., Vukasovic, R., Peri, P., Donoso, S. 2002. Response of *Nothofagus betuloides* (Mirb.) Oersted to different thinning intensities in Tierra del Fuego (Argentina). *Interciencia* 27(12):679-685.
- Martínez Pastur, G., Lencinas, M.V., Escobar, J., Quiroga, P., Malmierca, L., Lizarralde, M. 2006. Understorey succession in *Nothofagus* forests in Tierra del Fuego (Argentina) affected by *Castor canadensis*. *Applied Vegetation Science* 9(1):143-154.
- Martínez Pastur, G., Lencinas, M.V., Peri, P.L., Moretto, A., Cellini, J.M., Mormeneo, I., Vukasovic, R. 2007. Harvesting adaptation to biodiversity conservation in sawmill industry: Technology innovation and monitoring program. *Technology Management and Innovation* 2(3):58-70.
- Martínez Pastur, G., Lencinas, M.V., Cellini, J.M., Peri, P.L., Soler, R. 2009. Timber management with variable retention in *Nothofagus pumilio* forests of Southern Patagonia. *Forest Ecology and Management* 258:436-443.
- Martínez Pastur, G., Lencinas, M.V., Peri, P.L., Cellini, J.M., Moretto, A.S. 2010. Long-term forest management research in South Patagonia - Argentina: Lessons from the past, challenges from the present. *Revista Chilena de Historia Natural* 83:159-169.
- Martínez Pastur, G., Peri, P.L., Lencinas, M.V., Cellini, J.M., Barrera, M., Soler, R., Ivancich, H., Mestre, L., Moretto, A.S., Anderson, C.B., Pulido, F. 2013. La producción forestal y la conservación de la biodiversidad en los bosques de *Nothofagus* en Tierra del Fuego y Patagonia Sur. En: Donoso, P., Promis, A. (eds), *Silvicultura en bosques nativos: Avances en la investigación en Chile, Argentina y Nueva Zelanda*, pp. 155-179. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Martínez Pastur, G., Lencinas, M.V., Gallo, E., De Cruz, M.C., Borla, M.L., Soler Esteban, R., Anderson, C.B. 2015. Habitat-specific vegetation and seasonal drivers of bird community structure and function in southern Patagonian forests. *Community Ecology* 16(1):55-65.
- Moss, C. 2008. *Patagonia: A cultural history*. Signal Books. Oxford, Reino Unido.
- Mutarelli, E., Orfila, E. 1969. Los bosques de Tierra del Fuego y los primeros ensayos de tratamientos para su regeneración, conducción y organización. *Revista Forestal Argentina* 13(4):125-137.
- Mutarelli, E., Orfila, E. 1971. Observaciones sobre la regeneración de lenga, *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Oerst., en parcelas experimentales del lago Mascaradi, Argentina. *Revista Forestal Argentina* 15(4):109-115.
- Mutarelli, E., Orfila, E. 1973. Algunos resultados de las investigaciones de manejo silvicultural que se realizan en los bosques Andino-Patagónicos de Argentina. *Revista Forestal Argentina* 17(3):69-75.
- Parr, T. 2010. Prefacio: Red Internacional de Investigación Ecológica a Largo Plazo: Alcances y direcciones futuras en Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 83:13-6.
- Peri, P. 2005. Sistemas silvopastoriles en ñirantales. *IDIA- XXI* 8:255-259.
- Peri, P. 2006. Sistemas silvopastoriles en bosques nativos de ñire de Patagonia Sur. *SAGPyA Forestal* 38:1-7.
- Peri, P., Martínez Pastur, G., Vukasovic, R., Díaz, B., Lencinas, M.V., Cellini, J.M. 2002. Thinning schedules to reduce risk of windthrow in *Nothofagus pumilio* forests of Patagonia, Argentina. *Bosque* 23(2):19-28.
- Peri, P.L., Lencinas, M.V., Martínez Pastur, G., Wardell-Johnson, G.W., Lasagno, R. 2013a. Diversity patterns in the steppe of Argentinean Southern Patagonia: Environmental drivers and impact of grazing. Series: Environmental Research Advances, Chapter 4. En: Morales Prieto, M.B., Traba Díaz, J. (eds.), *Steppe ecosystems: Biological diversity, management and restoration*, pp. 73-95. Nova Science Publishers. Hauppauge, Nueva York, Estados Unidos.
- Peri, P.L., Martínez Pastur, G., Monelos, L. 2013b. Natural dynamics and thinning response of young lenga (*Nothofagus pumilio*) trees in secondary forests of Southern Patagonia. *Bosque* 34(3):273-279.
- Peri, P.L., Bahamonde, H., Christiansen, R. 2015. Soil respiration in Patagonian semiarid grasslands under contrasting environmental and use conditions. *Journal of Arid Environments* 119:1-8.
- Piterbarg, R. 1965. Inventario y ordenación de un bosque de lenga (*Nothofagus pumilio*) en Tierra del Fuego, y primeros resultados de su explotación. *Revista Forestal Argentina* 9(4):105-113.
- Poljak, S., Escobar, J., Deferrari, G., Lizarralde, M. 2007. Un nuevo mamífero en la Tierra del Fuego: el "peludo" *Chaetophractus villosus* (Mammalia, Dasypodidae) en Isla Grande. *Revista Chilena de Historia Natural* 80:285-294.
- Redman, C.L., Grove, J.M., Kuby, L.H. 2004. Integrating Social Science into the Long-Term Ecological Research (LTER) Network: Social Dimensions of Ecological Change and Ecological Dimensions of Social Change. *Ecosystems* 7:161-171.
- Richter, L., Frangi, J. 1992. Bases ecológicas para el manejo del bosque de *Nothofagus pumilio* de Tierra del Fuego. *Revista de la Facultad de Agronomía de La Plata* 68:35-52.
- Rothkugel, M. 1916. *Los bosques Andino Patagónicos*. Ministerio de Agricultura. Dirección General de Agricultura y Defensa Agrícola. Buenos Aires, Argentina.
- Sagarin, R., Pauchard, A. 2010. Observational approaches in ecology open new ground in a changing world. *Frontiers in Ecology and the Environment* 8:379-386.
- Sanguinetti, J., Buria, L., Malmierca, L., Valenzuela, A.E.J., Núñez, C., Pastore, H., Chauchard, L., Ferreyra, N., Massaccesi, G., Gallo, E., Chehébar, C. 2014. Manejo de especies exóticas invasoras en Patagonia, Argentina: Priorización, logros y desafíos de integración entre ciencia y gestión identificados desde la Administración de Parques Nacionales. *Ecología Austral* 24:183-192.
- Santo, A.R., Sorice, M.G., Donlan, C.J., Franck, C.T., Anderson, C.B. 2015. A human-centered approach to designing invasive species eradication programs on human-inhabited islands. *Global Environmental Change* 35:289-298.
- Schmidt, H., Urzúa, A. 1982. Transformación y manejo de los bosques de lenga en Magallanes. Universidad de Chile. *Ciencias Agrícolas* 11. 62.
- Silva, C.A., Saavedra, B. 2008. Knowing for controlling: ecological effects of invasive vertebrates in Tierra del Fuego. *Revista Chilena de Historia Natural* 81:123-136.
- Simanonok, M.P., Anderson, C.B., Martínez Pastur, G., Lencinas, M.V., Kennedy, J.H. 2011. A comparison of impacts from silviculture practices and North American beaver invasion on stream benthic macroinvertebrate community structure and function in *Nothofagus* forests of Tierra del Fuego. *Forest Ecology and Management* 262:263-269.
- Soler, R., Schindler, S., Lencinas, M.V., Peri, P.L., Martínez Pastur, G. 2015. Retention forestry in southern Patagonia: Multiple environmental impacts and their temporal trends. *International Forestry Review* 17:1-15.
- Underwood, A.J. 1991. Beyond BACI: Experimental designs for detecting human environmental impacts on temporal variations in natural populations. *Australian Journal of Marine Freshwater Research* 42:569-587.
- Valenzuela, A.E.J. 2014. Sección especial - Invasiones biológicas en Patagonia: Integrando la investigación y la gestión de especies exóticas invasoras en la Patagonia. *Ecología Austral* 24:133-134.
- Valenzuela, A.E.J., Raya Rey, A., Fasola, L., Sáenz Samaniego, R.A., Schiavini, A. 2013. Trophic ecology of a top predator colonizing the southern extreme of South America: feeding habits of invasive American mink (*Neovison vison*) in Tierra del Fuego. *Mammalian Biology* 78:104-110.
- Valenzuela, A.E.J., Anderson, C.B., Fasola, L., Cabello, J.L. 2014. Linking invasive exotic species and their ecosystem impacts in Tierra del Fuego to test theory and determine action. *Acta Oecologica* 54:110-118.
- Wallem, P.K., Anderson, C.B., Martínez Pastur, G., Lencinas, M.V. 2010. Community re-assembly by an exotic herbivore, *Castor canadensis*, in subantarctic forests, Chile and Argentina. *Biological Invasions* 12:325-335.
- Zagarola, J.P., Anderson, C.B., Veteto, J. 2014. Perceiving Patagonia - An assessment of social values and perspectives regarding watershed ecosystem services and management in southern South America. *Environmental Management* 53:769-782.