

Sección Especial  
MAMÍFEROS EXÓTICOS INVASORES



## ERRADICACIÓN DE ESPECIES INVASORAS: CIENCIA, ACTITUD Y ENTENDIMIENTO. EL CASTOR EN TIERRA DEL FUEGO

Adrián Schiavini<sup>1,2</sup>, María L. Carranza<sup>3</sup>, Guillermo Deferrari<sup>1,2</sup>,  
Julio Escobar<sup>1</sup>, Laura Malmierca<sup>4</sup> y Alejandro G. Pietrek<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC), CONICET, Houssay 200, 9410 Ushuaia. [Correspondencia: <aschiavini@wcs.org>].

<sup>2</sup> Instituto de Ciencias Polares, Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Nacional de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur, Onas 450, 9410 Ushuaia.

<sup>3</sup> Secretaría de Desarrollo Sustentable y Ambiente, provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur. San Martín 1401, 9410 Ushuaia.

<sup>4</sup> Administración de Parques Nacionales, Coordinación Regional Patagonia Austral, San Martín 1395, 9410 Ushuaia.

<sup>5</sup> Biological Sciences Building, Duke University, 125 Science Dr., 27708 Durham, NC, Estados Unidos de América.

**RESUMEN.** El manejo de especies invasoras presenta desafíos, que incluyen la necesidad de generar conocimiento aplicado y capacidades de gestión, así como modificar actitudes y comportamientos de la sociedad. El caso de la especie invasora castor canadiense, *Castor canadensis*, ejemplifica enfoques que pueden aplicarse para tratar otras especies invasoras. Repasamos la historia de manejo del castor y el cambio de enfoque que derivó en un acuerdo binacional inédito para restaurar los ecosistemas afectados por la especie mediante su erradicación, acuerdo que avanza mediante un proceso de generación de capacidades y escalamiento en la complejidad del trabajo, desde áreas piloto hacia todo el rango de distribución actual de la especie. Destacamos cómo la investigación aporta al manejo del castor, presentando detalles de la investigación en marcha en algunos ejes principales: 1) la factibilidad de erradicar en áreas piloto; 2) la estimación de tasas vitales y de dispersión y la construcción de modelos predictivos de expansión de la invasión, y 3) la determinación de criterios objetivos para declarar la erradicación del castor en sectores bajo manejo. La generación de capacidades es crucial para este complejo proceso. La construcción del capital social necesario para manejar el problema requiere de un diálogo continuo entre los diversos sectores involucrados y la construcción de agendas consensuadas. El sector científico puede asistir este proceso, pero sin imponer agendas unilaterales, sino identificando y contribuyendo a resolver las preguntas correctas y entendiendo las particularidades de los demás sectores, la cultura de las organizaciones y los tiempos para dar respuestas prácticas para lograr conservación basada en ciencia.

**ABSTRACT.** Eradication of invasive species: science, attitude and understanding. The beaver in Tierra del Fuego. The management of invasive species involves several challenges, ranging from the need to generate applied knowledge and capacity building abilities to a change in perceptions and behaviors in society. The case of the invasive Canadian beaver, *Castor canadensis*, illustrates possible approaches to address other invasive species. We reviewed the management history of the beaver and the change of approach that led to an unprecedented bi-national agreement to restore the affected ecosystems by means of the eradication of the species. This agreement advances by means of a training process of capacity building and a gradual scaling in the complexity of the work, from pilot areas to the whole current distribution of the species. We highlight how scientific research contributes to the management of the species, presenting details of the ongoing research in three major areas:

1) feasibility of eradication in pilot areas; 2) assessment of vital and dispersion rates and building predictive models of the spread of the invasion, and 3) determination of objective criteria to declare beaver eradication in areas under management. Capacity building is critical for this complex process. Assembling the social capital needed to manage the problem requires a continuous dialogue and agreed agendas among various stakeholders. The scientific sector can assist in this process without imposing unilateral agendas, but identifying the right questions and understanding the particularities of other sectors, the culture of organizations and the time frames needed for practical responses to achieve science-based conservation.

**Palabras clave:** Castor canadiense. Erradicación. Especies invasoras. Manejo. Tierra del Fuego

**Key words:** Canadian beaver. Eradication. Invasive species. Management. Tierra del Fuego

## INTRODUCCIÓN

El manejo de las especies invasoras representa en la actualidad un desafío para las sociedades. El hombre es uno de los mediadores centrales para la dispersión y desarrollo de las especies invasoras, como por ejemplo introduciendo deliberadamente salmónidos en los ríos patagónicos para fomentar la pesca deportiva, o generando condiciones óptimas para el establecimiento de especies exóticas como en el caso de la maleza oreja de ratón *Hieracium pilosella*. Del mismo modo, los comportamientos aceptados culturalmente favorecen el desarrollo de estas especies y su impacto en la biodiversidad, como por ejemplo cuando aceptamos que nuestros gatos domésticos realicen excursiones fuera de nuestra casa donde pueden depredar sobre la avifauna nativa. En este artículo, usamos el caso del castor canadiense para ilustrar los errores cometidos por su introducción y durante su manejo, y el cambio en el enfoque aplicado a esta especie durante los últimos años. Este caso ilustra cómo la sociedad se puede organizar para resolver un problema ambiental significativo. En este proceso la ciencia tiene un papel importante para responder preguntas clave que guíen el manejo de la invasión.

## ORIGEN DEL PROBLEMA: DE EMPRESA PIONERA A DESASTRE ECOLÓGICO

El castor (*Castor canadensis*) fue introducido en Tierra del Fuego en 1946, con el objeto de

aprovechar sus pieles (Lizarralde, 1993). Los 20 ejemplares introducidos (Pietrek y Fasola, 2014) encontraron condiciones óptimas de hábitat y ausencia de predadores y competidores, lo cual facilitó su expansión, incremento poblacional y establecimiento como una especie invasora del ecosistema austral. En 20 años, cerca del 30% de los cauces de la zona andina de la Isla Grande de Tierra del Fuego fueron ocupados por el castor (Lizarralde, 1993). Para finales de la década del 80, el castor había colonizado cerca del 91% de los cursos de agua de la Isla Grande de Tierra del Fuego (Lizarralde, 1993) y alcanzó la estepa magallánica en la década de 1990 (Anderson et al., 2009). Para 1994 se lo registró en el continente, aunque existe evidencia de ingresos más tempranos al territorio continental (Graells et al., 2015). A pesar de que no se dispone de estimaciones poblacionales, existe consenso entre los especialistas que su población rondaría los 100 000 ejemplares en toda su distribución.

Los impactos y consecuencias derivadas del accionar del castor han sido bien documentados por diversos estudios (Martínez Pastur et al., 2006; Anderson y Rosemond, 2007 y 2010; Anderson et al., 2009, 2014; Wallem et al., 2010; Soto Simeone y Soza-Amigo, 2014), que describieron el impacto del castor en el bosque de ribera y en la dinámica y biodiversidad de los cursos de agua. Se ha postulado que el castor representaría la presión ambiental más importante sufrida por el archipiélago de Tierra del Fuego desde la última glaciación (Anderson et al., 2009).

## EL ATAQUE INICIAL DEL PROBLEMA

Hasta 1980 el castor prácticamente quedó librado a su dinámica, sin intervención del hombre. En 1981 el Gobierno argentino del entonces Territorio Nacional de Tierra del Fuego autorizó su caza para controlar la expansión, con escasa intervención en el manejo de la especie. En 1997 el Gobierno de la ya provincia de Tierra del Fuego autorizó la caza comercial del castor y, en 1999, se inició el Plan de Control del Castor, fundamentado en el soporte técnico aportado por el Centro Austral de Investigaciones Científicas.

La filosofía de ese plan estaba basada en controlar la población en áreas de gran productividad a través del aprovechamiento del recurso, mediante la extracción sostenida de entre 6000 a 10000 animales por año, motorizada por el interés del mercado por pieles del castor. Estos mercados demandaban utilizar trampas de captura humanitaria, así como obtener pieles de mayor calidad peletera durante el otoño y el invierno. El plan incluyó la entrega de las trampas en comodato a cazadores y a dueños de los predios (para que permitieran a sus empleados cazar) así como la capacitación sobre el uso de las trampas y sobre técnicas de preparación de la piel. En el año 2001 se agregó el pago de un incentivo contra la entrega de las colas de los ejemplares, incentivo que fue irregular en su aplicación debido a problemas de fiscalización. También se intentó promover el uso de la carne de castor para alimentación humana.

Por su parte, desde 2001 la Administración de Parques Nacionales desarrolló un programa de control de la especie orientado a disminuir el impacto del castor manteniendo para ello la población en un número bajo, para así minimizar los daños sobre el bosque de ribera, evitando la ocupación de nuevos espacios, la reinvasión de espacios abandonados y en proceso natural de regeneración así como el corte de árboles para la reparación de diques. El programa se aplicó en todas las cuencas del área sur del parque que desaguan en el canal Beagle (5000 ha). El enfoque elegido obedeció a

que el área manejada presentaba gran movilidad de individuos y que las acciones de control en las tierras linderas al parque eran nulas o no sostenidas en el tiempo.

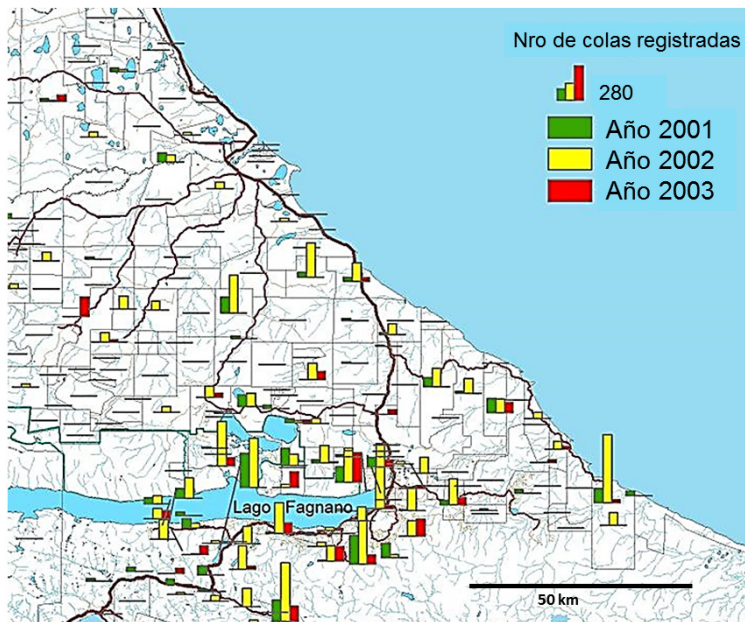
## APRENDIENDO DE LO REALIZADO

Los planes de control implementados con alcance provincial, sufrieron discontinuidad en el financiamiento, debido a la insuficiente percepción del nivel de compromiso institucional necesario para lograr el éxito en el control o erradicación de especies invasoras. Además, el seguimiento del control no proveyó la información suficiente para la toma de decisiones (Schiavini et al., 2008).

De los datos disponibles desde 1999 al 2006, se concluyó que el número de cazadores inscriptos fue variable, alcanzando un máximo de 162 en el año 2002, mientras que el número de acopiadores osciló entre dos y seis. El número de cueros crudos de castor exportados desde la provincia entre 1999 y 2006 totalizó 8767, y el número de colas registradas para los años 2001, 2002, 2003 y 2006 totalizó 17930. Con estos valores no se alcanzaron los niveles de extracción originalmente propuestos en el Plan de Control del Castor mencionado precedentemente.

La distribución espacial de las capturas, inferida a partir de los registros de colas entregadas y de entrevistas a los cazadores entre 2011 y 2003 (Fig. 1, Schiavini et al., 2008), reveló que la caza se concentró en cercanías de caminos y en zonas accesibles a pie, debido a la accesibilidad del terreno, el transporte manual de las trampas y a la necesidad de transportar enteros los castores muertos para extraer el cuero a fin de lograr un buen precio, en momentos del año en que la duración del día solar se reduce a siete horas. Además, la caza era por lo general una actividad complementaria y secundaria del peón rural o del habitante de las ciudades.

Este patrón de caza habría así generado una dinámica que se conoce en ecología como de "fuentes y sumideros" (Pulliam, 1998), mediante la cual las zonas con elevada presión de captura funcionaron como "sumideros" que, en el balance, recibieron animales de zonas donde



**Fig. 1.** Distribución geográfica de las colas entregadas para el pago de recompensas entre 2001 y 2003 en el sector argentino de Tierra del Fuego. Tomado de Schiavini et al. (2008). La altura de la barra roja en el ángulo superior derecho corresponde a un valor de 280 colas.

la presión de captura es baja o nula, las zonas “fuente”. El castor, como especie territorial, presenta esta dinámica en el hemisferio norte (Fryxell, 2001), y esta se habría potenciado en Tierra del Fuego por una fuerza de caza concentrada en zonas de fácil acceso, lo que no produjo los efectos de control deseados. El cazador se aseguraba la obtención de una “renta” anual proveniente de zonas sin presión de caza, pero desde la perspectiva de la necesidad de reducir la población del castor esta dinámica resultó contraproducente tornando sustentable a la población del castor manejada.

## LA ALARMA EN EL CONTINENTE Y EL CAMBIO DE ENFOQUE

En 1994 se detectó la presencia de castores en laguna Parrillar, en el centro de la península Brunswick, territorio continental del sur de Chile (Wallem et al., 2007). Para los inicios de la década del 2000, ante la proliferación de castores en la estepa magallánica, se había aprendido además que el castor no necesita de árboles para colonizar un sitio. Estos dos elementos sembraron la alerta sobre la posibilidad de que el castor se disperse por Sudamérica hacia el norte. Esta alerta y el poco éxito

obtenido con el control por Argentina y Chile, orientaron a reflexionar sobre alternativas a la estrategia seguida hasta el momento.

En el año 2005 se declara al castor perjudicial para las actividades productivas y posterior-

mente “Especie dañina y perjudicial” mediante Ley Provincial N° 696. En 2006 se comienza a pensar en una estrategia binacional conjunta entre Argentina y Chile, que tuviera por eje tres líneas principales: la eliminación de los focos continentales, la contingencia para evitar la reinvasión del continente y la erradicación en el Archipiélago Fueguino. Durante este proceso participaron representantes de las autoridades de aplicación nacionales, provinciales o regionales (según fueran de Argentina o Chile), académicos y miembros de ONG.

Como parte de esta revisión, Argentina y Chile encargaron en 2007 la realización un estudio de factibilidad elaborado por expertos internacionales, que determinó que la erradicación era factible desde los puntos de vista técnico, ambiental, social y económico. Sin embargo se necesitaba resolver diversos interrogantes vinculados a las capacidades de encarar una empresa de gran escala como erradicar el castor de todo su rango de distribución (Parques et al., 2008). Como resultado del estudio de factibilidad, ambos países deciden avanzar hacia la erradicación del castor, firmando en el año 2008 el “Acuerdo sobre la restauración de los ecosistemas australes afectados por el castor canadiense (*Castor canadensis*)”, un acuerdo

inédito en el mundo para el manejo de una especie invasora. El compromiso planteó dos acciones secuenciales, erradicar el castor de su rango actual de distribución como especie invasora en el extremo sur de la Patagonia, y recuperar y/o restaurar los ambientes afectados por el castor. De este modo el foco se establecía en la restauración de los ecosistemas afectados y no en erradicar castores, a fin de desalentar interferencias esperables de algunos sectores de la sociedad.

Se han descrito varias condiciones necesarias para lograr la erradicación de una especie (Hone, 2007):

- Todos los miembros de una especie deben estar expuestos a los esfuerzos de control.
- La tasa de remoción debe exceder la tasa de incremento.
- No debe haber inmigración de individuos capaces de reproducirse.
- Los esfuerzos de control no deben producir efectos adversos netos sobre otras especies o comunidades.

Las acciones de erradicación requerían asegurar el acceso a tierras privadas y públicas para cumplir la primera regla, así como contemplar problemas sociales como las expectativas sobre la explotación del castor como recurso peletero y de carne, y resolver las complejidades organizacionales derivadas de un proyecto binacional, del desarrollo de capacidades, y de la escala espacial.

## LA FASE DE PLANIFICACIÓN

La experiencia internacional indica que la erradicación de una especie de un paisaje extenso requiere planificación y seguimiento para hacer eficiente el uso de recursos (Campbell y Donlan, 2006), contra la creencia de que la parte operativa (extraer individuos) es lo que debe concentrar la atención. La planificación, así, constituye un elemento crucial del éxito de las empresas de erradicación (Morrison et al., 2007).

Para planificar acciones a fin de evitar el establecimiento y expansión continental del castor, en 2009 se elaboró el Plan de Acción y Contingencia Binacional para la Erradicación

del Castor en el Sector Continental de la Patagonia Austral (Cabello y Malmierca, 2009). En 2011 se elabora el Plan Estratégico del Proyecto de Erradicación del Castor en el sur de Patagonia (Funes et al., 2011), cuyos objetivos fueron describir la visión del proyecto, indicar etapas, objetivos y actores clave, servir de hoja de ruta para articular y canalizar la participación, proveer información “clave” para promocionar el proyecto y servir de base y referencia para la preparación de planes operativos o planes de acción necesarios.

## EL INICIO DEL APRENDIZAJE PARA MANEJAR EL PROBLEMA

La planificación arriba descrita no se reflejaba en acciones concretas de manejo en el terreno, debido a restricciones económicas presentes. A fines de avanzar en los interrogantes identificados en el estudio de factibilidad, ambos países comenzaron entonces a desarrollar actividades mediante diferentes oportunidades de financiamiento. En Argentina, la sanción de la Ley de Conservación de los Bosques Nativos generó una oportunidad para realizar dos experiencias de erradicación pioneras, que se detallan mas abajo.

En el año 2009, Argentina y Chile postulan al Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM o GEF) con el fin de aprender a gestionar el problema mediante el trabajo en áreas piloto demostrativas. Argentina integró el trabajo referido a castor en el proyecto “Fortalecimiento de la gobernabilidad para la protección de la biodiversidad a través de la formulación e implementación de la Estrategia Nacional sobre Especies Exóticas Invasoras (ENEEI)”. En el marco de este proyecto en marcha, se planea generar capacidades técnicas y organizativas para lograr la erradicación del castor en unidades demostrativas y tratar de responder las preguntas clave relacionadas a la erradicación. Las experiencias se llevarán adelante en seis áreas piloto de la Isla Grande de Tierra del Fuego, que combinan propiedad pública y privada, así como diferentes ambientes de la isla. Combinando con los resultados de un proyecto análogo en Chile, se espera tomar una decisión razonada sobre la posibilidad de

que ambos países avancen hacia la erradicación efectiva de la especie en todo su rango de distribución.

## EL APORTE DE LA CIENCIA AL MANEJO ACTUAL

El estudio de factibilidad oportunamente realizado había planteado una serie de interrogantes en los que la ciencia podía aportar desde el conocimiento referido al manejo del castor hasta las posibilidades reales de restauración de los ecosistemas originalmente afectados, dado el objetivo primario del Acuerdo. También comenzaron a tomar relevancia otros campos del conocimiento como la integración de los sistemas socioecológicos en estas problemáticas.

Esta agenda de investigación genera oportunidades para estudios acerca de la biología y ecología de los mamíferos aplicada al manejo de las especies invasoras, estudios que se inscriben en varios de los “principios” de la ecología aplicada (Hone et al., 2015). Algunos proyectos ya se encuentran produciendo resultados (Anderson et al., 2014; Henn et al., 2014; Estévez et al., 2015; Santo et al., 2015) mientras otros se encuentran en ejecución. En este artículo nos centramos en aquellas actividades que estamos llevando adelante, sin desconocer el trabajo de otros colegas y otros grupos de trabajo (como los grupos de Martínez Pastur y Anderson).

## LA ERRADICACIÓN, ¿ES POSIBLE?

La escala espacial de una eventual operación de erradicación en todo el archipiélago fueguino y en las áreas continentales invadidas, que supera los 80 000 km<sup>2</sup>, sumado a los interrogantes planteados en el estudio de factibilidad, llevaron a ambos países a plantear la necesidad de evaluar la erradicación en baja escala como paso previo a encarar la empresa definitiva. Las llamadas “áreas piloto” se constituyen así en herramientas para generar las capacidades técnicas y organizacionales inéditas para la erradicación de una especie exótica en Argentina, para evaluar la erradicación en baja escala y para analizar y comunicar los beneficios de liberar a los ambientes de la presión del castor. En este contexto, tanto la Administración de Parques Nacionales como la Provincia de

Tierra del Fuego fueron pioneras en generar dos áreas libres de castores, como se mencionó más arriba.

En una de ellas, realizada en el Parque Nacional Tierra del Fuego (54°51' S, 68° 32' W), desde 2009 se mantuvo y amplió un área piloto demostrativa dentro del área sujeta a control, erradicando a todos los castores de un área de 2000 ha. Esta experiencia se financió parcialmente con fondos del Programa Experimental de Manejo y Conservación de Bosques Nativos – PNUD ARG 10/017 y fondos presupuestarios de Parques Nacionales. Lamentablemente la Administración de Parques Nacionales nunca pudo acceder a fondos propios de la Ley de Conservación de Bosques Nativos.

En la actualidad el área tratada abarca 35 km de arroyos (cuatro arroyos) de donde se han extraído hasta el momento 51 animales en 15 colonias, cuyos embalses se han vaciado a fin de facilitar la restauración pasiva de las áreas y minimizar los intentos de reinvasión. Se realiza un monitoreo fotográfico anual para registrar los cambios en la cobertura vegetal y se realiza la vigilancia para prevenir la reinvasión. Adicionalmente, las áreas piloto han servido para el desarrollo de investigaciones de terceros. En una de las áreas piloto (Ao. Lapataia) se han realizado estudios de suelo y dinámica de la regeneración natural en parcelas permanentes de 2 m<sup>2</sup> de superficie, y en otra área piloto se han iniciado estudios de restauración activa con dos especies de *Nothofagus*. Esta experiencia generó información relevante aún no publicada para el manejo (ej: medidas del esfuerzo y efectividad de las operaciones de extracción), así como capacitación continua del personal interviniente y el fortalecimiento interno e interinstitucional.

En el caso de la reserva provincial Corazón de la Isla (54°29' S, 67° 36' W), durante abril y mayo de 2014 se intervino un total de 32 km de cauces, extrayendo todos los castores de 38 colonias (115 individuos). Como paso previo se capacitó a 3 grupos de 2 cazadores cada uno en técnicas de extracción con trampas de golpe, incluyendo cuestiones de bienestar animal y seguridad laboral. Cada cazador registraba su actividad y se monitoreaban sus movimientos mediante un GPS. Los cazadores realizaban

un servicio de captura por el que cobraban un monto fijo mensual. De este modo, durante 2 meses se capturó un total de 115 castores, utilizando para ello 458 trampas-de-golpe/noche y 201 trampas-lazo/noche. El total de noches durante las que se desplegó actividad de caza fue de 35 noches. El esfuerzo desplegado por los cazadores en total fue de 1374 km cubriendo un total de 313 horas, en un total de 108 salidas de parejas de cazadores. Las trampas de captura muerta tuvieron una efectividad general mayor que las trampas de lazo (20% contra 10%). Se alcanzó por vez primera, en la historia del manejo de la especie, una zona libre de castores en una única ocasión (la zona libre de castores en el Parque Nacional Tierra del Fuego resultó de un proceso de control sostenido del área durante más de 15 años).

Las actividades de vigilancia y remoción de nuevos castores, programadas para los años 2 y 3 del proyecto fueron discontinuadas por falta de financiamiento. Se concentró entonces el manejo en sectores prioritarios asociados a infraestructura de uso para el turismo y recreación, integrando además programas de educación orientados a mostrar los beneficios de la recuperación del bosque a través de la remoción de castores.

### **HÁBITAT, HISTORIA DE INVASIÓN, DEMOGRAFÍA Y DISPERSIÓN**

La comprensión de la biología del invasor contribuye a incrementar la eficiencia de las acciones de control. Por ejemplo, reducir la velocidad de expansión de una especie invasora implica actuar sobre las tasas de crecimiento poblacional y/o sobre su movilidad (Skellam, 1951, Kot et al., 1996). Entender cuál es el rol de los elementos del paisaje en la demografía y en la movilidad del castor puede también ayudar a un mejor control de la invasión (With, 2002). Dado que los castores se mueven usando cursos de agua, eso puede afectar drásticamente la dinámica de la invasión (Grant et al., 2007; Vuilleumier et al., 2010) de acuerdo a la conformación general del paisaje y de las redes de drenaje.

Con esta información de base se pueden construir modelos predictivos de la invasión

que permiten simular diferentes escenarios de manejo de la invasión para tomar decisiones más efectivas. ¿Cuál es la presión de cosecha necesaria para disminuir la velocidad de la invasión? o ¿cuál es el área mínima a ser manejada para disminuir la velocidad de invasión?, son algunas preguntas que permiten abordar modelos espacialmente explícitos. El desafío, es no solo hacer accesible la información derivada de estos modelos a los gestores, sino además producir modelos que puedan ser operados y analizados por los mismos gestores para guiar decisiones de manejo.

### **DETECCIÓN EN BAJAS DENSIDADES: VERIFICANDO LA ERRADICACIÓN O RECOLONIZACIÓN**

Las variables de estado, presencia y densidad resultan centrales para el estudio y manejo de las especies invasoras. La determinación de la presencia efectiva de individuos es crucial, por lo que ha cobrado importancia la evaluación de metodologías para reducir los errores derivados de los “falsos negativos”, es decir considerar la falta de evidencias de la presencia como evidencia de ausencia (MacKenzie et al., 2006). En las diferentes fases reconocidas en el manejo de una especie invasora (detección temprana, control o erradicación, vigilancia; Clout y Williams, 2009) se requieren capacidades altas de detección de las especies blanco, sobre todo en bajas densidades, dado que la probabilidad de detección disminuye con la densidad poblacional. Además, un desafío para las estrategias de manejo de erradicación es decidir cuándo un programa se declara exitoso, es decir cuándo se ha logrado el objetivo de 0 individuo (Morrison et al., 2007). Avances en estos protocolos de decisión en situaciones post-remoción se han realizado por ejemplo en la determinación del éxito de la erradicación del chanco silvestre en isla Santa Cruz, California, y del gato en la isla de San Nicolás, California (Ramsey et al., 2008 y 2009). Usando estos enfoques, se encuentra en marcha un proyecto que busca evaluar estos elementos, nutriéndose de las experiencias de erradicación en marcha y por realizarse.

En conjunto con estas herramientas, el uso de sensores remotos puede ayudar también a

detectar cambios en el paisaje debidos a la presencia de individuos de la especie de interés. La identificación de áreas de reciente colonización por parte del castor, usando múltiples herramientas, puede proveer información acerca de las preferencias de hábitat del castor en el frente de invasión y de esta manera informar sobre las áreas que se tendrían que monitorear más extensivamente.

## LOS APRENDIZAJES DEL PROCESO

El manejo del castor ha pasado desde acciones de control sin una planificación integral ni seguimiento, encaradas por Argentina y Chile, a un camino que se inició con intensidad en 2006 y en el que se está aprendiendo a manejar el problema en forma binacional para tratar de eliminar definitivamente el riesgo de invasión continental y para restaurar los ecosistemas afectados. En términos generales, este proceso se caracterizó por etapas de elevada interacción entre los actores así como etapas de escasa interacción. No obstante, durante todo este tiempo diversas instituciones y sus personas sostuvieron la visión de un continente libre del riesgo de invasión, así como la visión de los ecosistemas australes restaurados. El intercambio de ideas, información y enfoques, así como el respeto por las diferentes visiones y culturas organizacionales, ha sido fundamental para llegar a la situación actual. En lo relacionado al sector científico, ha sido clave interpretar las necesidades concretas de investigación aplicadas al objetivo de manejo y traducir esas preguntas a interrogantes de significado biológico, construyendo así una agenda de investigación basada en necesidades, como se muestra aquí. Esto constituye parte de los procesos de cambio de paradigma en la ciencia aplicada a la conservación, donde la implementación práctica y la intervención de los sectores de la gestión en el diseño e implementación de la investigación se consideran esenciales para la actividad científica orientada a la conservación (Arlettaz et al., 2010; Gibbons et al., 2011).

Los aprendizajes mas recientes de la experiencia realizada en la reserva provincial Corazón

de la Isla permiten ajustar futuras acciones de manejo: la capacitación brindada a los nuevos cazadores fue adecuada aunque su efectividad no fue la esperada ni en lo operativo ni en el registro de la información. Por otro lado, las colonias declaradas como erradicadas pueden reactivarse incluso dentro de la misma temporada de remoción. Por último, se debe reevaluar si el pago de un monto fijo mensual por el servicio de caza resulta apropiado para el objetivo de erradicación.

A ocho años de iniciado el camino de la erradicación para la restauración, tanto Argentina como Chile encararon un trabajo de aprendizaje y resolución de preguntas que debería sentar las bases para tomar una decisión razonada acerca de los pasos a seguir. Aun cuando al final de los proyectos en marcha con financiamiento internacional se decidiera que la erradicación del castor es imposible, se habrá aprendido mucho en el manejo de las especies invasoras y se habrá ganado un capital de relaciones entre instituciones, que permitirá encarar desafíos análogos con otras especies invasoras de la Patagonia.

## AGRADECIMIENTOS

A todas las personas e instituciones que desde el año 2006 han apoyado y promovido la revisión crítica de las acciones de manejo realizadas sobre el castor, y han colaborado en la definición del camino actual: Dirección de Fauna Silvestre de Nación, Administración de Parques Nacionales, Gobierno de la Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur, Wildlife Conservation Society, Servicio Agrícola y Ganadero de Chile, Corporación Nacional Forestal de Chile, Ministerio de Relaciones Exteriores, Culto y Comercio Internacional de Argentina, Ministerio de Relaciones Exteriores de Chile, Ministerio de Medio Ambiente de Chile, Asociación Rural de Tierra del Fuego, Wildlife Conservation Society, Landcare Research de Nueva Zelandia, Island Conservation.

## LITERATURA CITADA

- ANDERSON CB y AD ROSEMOND. 2007. Ecosystem engineering by invasive exotic beavers reduces in-stream diversity and enhances ecosystem function in Cape Horn, Chile. *Oecologia* 154:141-153.
- ANDERSON CB y AD ROSEMOND. 2010. Beaver invasion alters terrestrial subsidies to subantarctic stream food webs. *Hydrobiologia* 652:349-361.



- ANDERSON CB, G MARTINEZ PASTUR, MV LENCINAS, PK WALLEM, MC MOORMAN y AD ROSEMOND. 2009. Do introduced North American beavers *Castor canadensis* engineer differently in southern South America? An overview with implications for restoration. *Mammal Review* 39(1):33-52.
- ANDERSON CB, MV LENCINAS, PK WALLEM, AE VALENZUELA, MP SIMANONOK y G MARTÍNEZ PASTUR. 2014. Engineering by an invasive species alters landscape-level ecosystem function, but does not affect biodiversity in freshwater systems. *Diversity and Distributions* 20(2):214-222.
- ARLETTAZ R, M SCHAUB, J FOURNIER, TS REICHLIN, A SIERRA, JE WATSON y V BRAUNISCH. 2010. From publications to public actions: When conservation biologists bridge the gap between research and implementation. *BioScience* 60(10):835-842.
- CABELLO JL y L MALMIERCA. 2009. Plan de acción y contingencia binacional para la erradicación del castor americano en el sector continental de la Patagonia austral. Informe preparado para el Comité Binacional para la Estrategia de Erradicación de Castores de Patagonia Austral.
- CAMPBELL K y C DONLAN. 2005. Feral goat eradication on islands. *Conservation Biology* 19(5):1362-1374.
- CLOUT MN y PA WILLIAMS. 2009. Invasive species management. A handbook of principles and techniques. Oxford University Press, Oxford.
- DONLAN CJ y C WILCOX. 2007. Complexities of costing eradications. *Animal Conservation* 10(2):154-156.
- ESTÉVEZ RA, CB ANDERSON, JC PIZARRO, MA BURGMAN. 2015. Clarifying values, risk perceptions, and attitudes to resolve or avoid social conflicts in invasive species management. *Conservation Biology* 29:19-30.
- FUNES M, MF MENVIELLE, B SAAVEDRA y A SCHIAVINI. 2011. Plan estratégico del proyecto de erradicación del castor en el sur de Patagonia. Plan realizado por encargo del Acuerdo Binacional para la Restauración de los Ecosistemas Australes Afectados por el castor americano.
- GIBBONS DW, JD WILSON y RE GREEN. 2011. Using conservation science to solve conservation problems. *Journal of Applied Ecology* 48(3):505-508.
- GRAELLS G, D CORCORAN y JC ARAVEN. 2015. Invasion of North American beaver (*Castor canadensis*) in the province of Magallanes, southern Chile: Comparison between dating sites through interviews with the local community and dendrochronology. *Revista Chilena de Historia Natural* 88:1-9.
- GRANT EHC, WH LOWE y WF FAGAN. 2007. Living in the branches: population dynamics and ecological processes in dendritic networks. *Ecology Letters* 10:165-175.
- HENN J, CB ANDERSON, G KREPS, MV LENCINAS, R SOLER ESTEBAN y G MARTÍNEZ-PASTUR. 2014. Determining abiotic and biotic drivers that limit active riparian forest restoration in abandoned beaver meadows in Tierra del Fuego. *Ecological Restoration* 32: 369-378.
- HONE J. 2007. *Wildlife Damage Control*. CSIRO Publishing, Collinwood, Australia.
- HONE J, VA DRAKE y CJ KREBS. 2015. Prescriptive and empirical principles of applied ecology. *Environmental Reviews* 23:170-176.
- KOT M, MA LEWIS y PVD DRIESSCHE. 1996. Dispersal data and the spread of invading organisms. *Ecology* 77:2027-2042.
- LIZARRALDE MS. 1993. Current status of the introduced beaver (*Castor canadensis*) population in Tierra del Fuego, Argentina. *Ambio* 22(6):351-358.
- MACKENZIE DI, JD NICHOLS, JA ROYLE, KH POLLOCK, LL BAILEY y JE HINES. 2006. Occupancy estimation and modeling: Inferring patterns and dynamics of species occurrence. Elsevier, Londres.
- MARTÍNEZ PASTUR G, MV LENCINAS, J ESCOBAR, P QUIROGA, I MALMIERCA y M LIZARRALDE. 2006. Understorey succession in areas of *Nothofagus* forests affected by *Castor canadensis* in Tierra del Fuego (Argentina). *Applied Vegetation Science* 9:143-154.
- MORRISON SA, N MACDONALD, K WALKER, L LOZIER y MR SHAW. 2007. Facing the dilemma at eradication's end: Uncertainty of absence and the Lazarus effect. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5(5):271-276.
- PARKES J, J PAULSON, CJ DONLAN y K CAMPBELL. 2008. Control of North American beavers in Tierra del Fuego: Feasibility of eradication and alternative options. Informe preparado para el Comité Binacional para la Estrategia de Erradicación de Castores de Patagonia Austral.
- PIETREK AG y L FASOLA. 2014. Origin and history of the beaver introduction in South America. *Mastozoología Neotropical* 21:355-359.
- PULLIAM HR. 1988. Sources, sinks, and population regulation. *American Naturalist* 132:652-661.
- RAMSEY DSL, J PARKES y SA MORRISON. 2008. Quantifying eradication success: The removal of feral pigs from Santa Cruz Island, California. *Conservation Biology* 23(2):449-459.
- RAMSEY DSL, JP PARKES, D WILL, CC HANSON y KJ CAMPBELL. 2009. Quantifying the success of feral cat eradication, San Nicolas Island, California. *New Zealand Journal of Ecology* 35(2):163-173.
- SANTO A, MG SORICE, CJ DONLAN, CT FRANCK y CB ANDERSON. 2015. A human-centered approach to designing invasive species eradication programs on human-inhabited islands. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions* 35:289-298.
- SCHIAVINI A, R CEREZANI, MR SILVA, N LOEKEMEYER, L MALMIERCA, J ESCOBAR, G DEFERRARI y M LIZARRALDE. 2008. Gestión y técnicas de control de castores en Argentina. Lecciones aprendidas. Pp. 72-91, en: *Actas del Taller Internacional para el Control de Castores en la Patagonia* (CA Silva y B Saavedra, eds.). Edición digital. Wildlife Conservation Society, Chile. Copias disponibles en: <http://www.karukinkanatural.cl>
- SKELLAM JG. 1951. Random dispersal in theoretical populations. *Biometrika* 38:196-218.

- SOTO SIMEONE A y S SOZA-AMIGO. 2014. Valoración económica del bosque nativo afectado por la introducción del castor americano en Tierra del Fuego. *Bosque (Valdivia)* 35(2):229-234.
- VUILLEUMIER S, BM BOLKER y O LEVEQUE. 2010. Effects of colonization asymmetries on metapopulation persistence. *Theoretical Population Biology* 78:225-238.
- WALLEM PK, CB ANDERSON, G MARTÍNEZ-PASTUR y MV LENCINAS. 2010. Using assembly rules to measure the resilience of riparian plant communities to beaver invasion in subantarctic forests. *Biological Invasions* 12(2):325-335.
- WITH KA. 2002. The landscape ecology of invasive spread. *Conservation Biology* 16:1192-1203.