



MACROSCOPIA

Divulgación técnico científica del patrimonio natural y cultural del Parque Nacional Nahuel Huapi

Integrando los cuerpos de agua al paisaje del Parque: la trama invisible de las cuencas

Salud de aves carroñeras y su relación con la actividad humana

Arquitectura del alerce y del ciprés de las Guaitecas

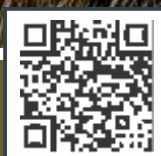
Analizando el pasado para entender el futuro

Estudio de la fauna terrestre mediante foto-trampeo en dos sitios contrastantes del Parque Nacional Nahuel Huapi



 **C·E·N·A·C**
Parque Nacional
Nahuel Huapi
www.cenacbariloche.com.ar

www.nahuelhuapi.gov.ar/macroscopia



Este código QR te llevará al sitio del CENAC,
Programa de Estudios Aplicados a la Conservación
del Parque Nacional Nahuel Huapi

Parque Nacional Nahuel Huapi



Editor responsable:

Departamento de Conservación y Educación Ambiental
Intendencia del Parque Nacional Nahuel Huapi
San Martín 24 - (8400) S.C. de Bariloche
Tel.:(02944) 423111 - macroscopia2015@gmail.com

Director:

María Susana Seijas

Editor en Jefe:

Flavia Quintana

Asistente:

Gloria Fernandez Cánepa

Equipo Editorial:

Sebastián Ballari
María Noelia Barrios García Moar
Julieta Massafarro
Horacio Paradela
Carla Pozzi

Diseñador gráfico:

Demián Belmonte



MACROSCOPIA

Divulgación técnico científica del patrimonio natural
y cultural del Parque Nacional Nahuel Huapi

Indice

Integrando los cuerpos de agua al paisaje del Parque: la trama invisible de las cuencas	3
Grupo de Fotobiología	
Arquitectura del alerce y del ciprés de las Guaitecas	9
Javier Grosfeld	
Salud de aves carroñeras y su relación con la actividad humana	15
Vet. Pablo Ignacio Plaza Vet. Guillermo Wiemeyer Dr. Sergio. A. Lambertucci	
Analizando el pasado para entender el futuro	21
Virginia Iglesias Cathy Whitlock María Martha Bianchi Valeria Outes Gustavo Villarosa	
Estudio de la fauna terrestre mediante foto-trampeo en dos sitios contrastantes del Parque Nacional Nahuel Huapi	26
Valeria L. Martín Albarracín y Nicolás Seoane	



Integrando los cuerpos de agua al paisaje del Parque: la trama invisible de las cuencas

Grupo de Fotobiología. Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente INIBIOMA (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas CONICET), Centro Regional Universitario Bariloche CRUB (Universidad Nacional del Comahue) dieguezmc@gmail.com

Contribuyen: Roberto D. García, Marina Gereá, Carolina Soto Cárdenas, Patricia E. García, Gonzalo Pérez, Mariana Reissig, Claudia P. Queimaliños y María C. Diéguez

Resumen

El Parque Nacional Nahuel Huapi incluye una de las cuencas de cabecera más importantes de la red fluvial norpatagónica, abarcando lagos de altura y arroyos que alimentan a los grandes lagos pedemontanos de origen glaciar. Estos ecosistemas son una parte central del paisaje por su carácter escénico y su prestación de servicios. Además, cumplen un rol vital en el transporte y distribución del agua y materiales de la cuenca, sustentando parcialmente las comunidades biológicas a lo largo de la red fluvial. En este trabajo se sintetizan estudios focalizados en la cuenca del complejo lacustre Moreno que describen aspectos geomorfológicos y revelan el aporte de los suelos y del bosque nativo a los arroyos y lagos. Estos aportes incluyen materiales particulados, materia orgánica disuelta (MOD) y nutrientes, siendo su ingreso en la red fluvial de la cuenca fuertemente ligado al régimen de precipitación y al deshielo. Los arroyos de cabecera actúan como conductores de los materiales disueltos recibidos de la cuenca con bajo grado de procesamiento y aprovechamiento interno (particularmente la MOD); mientras que en los lagos la MOD terrestre subsidia las tramas tróficas pelágicas, observándose hasta un 15% de Carbono (C) de origen terrestre en los consumidores planctónicos. Por último, considerando un marco de cambio ambiental con fuertes fluctuaciones en el régimen de precipitación regional, temperaturas en alza e incremento de la actividad humana y el uso de la tierra, especulamos posibles efectos sobre las cuencas de cabecera andino-patagónicas.

Abstract

Nahuel Huapi National Park includes one of the most important catchments of the north Patagonian fluvial networks, including mountain lakes and streams that feed large piedmont lakes of glacial origin. These ecosystems are a central piece of the landscape due to their scenic character, to the services they provide and also due to their vital role in transporting and distributing water and materials which partially sustain biological communities along the fluvial network. In this paper we synthesize investigations focused on the dynamics of Moreno Lake Complex, detailing geomorphological aspects and revealing the subsidy from the soils and native vegetation of the catchment. The terrestrial subsidy includes particulate material, dissolved organic matter (DOM) and nutrients and their delivery into the fluvial network is in tight relation with precipitation and snowmelt. Headwater streams transport downslope the dissolved materials with little processing, making almost negligible use of them for their internal production. Whereas, in piedmont lakes ~15% of the C present in planktonic consumers is terrestrially derived. Finally, considering an environmental frame characterized by strong fluctuations in the precipitation regime, raising temperature, increased human activities and land use, we speculate on potential impacts on andean-patagonian headwaters.



Contribución al Parque Nacional Nahuel Huapi

Los estudios que desarrollamos y sintetizamos en este trabajo contribuyen a conocer la dinámica e interconexión entre los ecosistemas terrestres y acuáticos del Parque Nacional Nahuel Huapi. Presentamos información nueva acerca de los niveles de base de los nutrientes, de la materia orgánica disuelta y del aporte que reciben los ambientes acuáticos de montaña desde el medio terrestre. Asimismo, exponemos los patrones de transporte y transformación de los materiales que reciben los cuerpos de agua y señalamos los factores ligados al clima que controlan la conectividad, particularmente el régimen de precipitación y de deshielo. Por último, explicamos cómo los materiales transportados por los arroyos llegan a los lagos, son transformados por factores físicos y también aprovechados por organismos del plancton.



Una breve reseña de los procesos que afectan actualmente a los ecosistemas naturales a nivel global

La biodiversidad se concibe actualmente como la resultante de diferentes niveles de organización (especies, comunidades, ecosistemas, paisajes). Como tal, el análisis de la biodiversidad con fines de conservación y monitoreo puede abordarse desde diferentes enfoques y a distintas escalas integrando la información sobre composición, estructura y funcionalidad de cada uno de los niveles jerárquicos. Este sistema biológico global se encuentra amenazado por factores tales como el cambio climático, la pérdida, degradación y fragmentación del hábitat y la invasión de especies, entre otros. Según el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático IPCC (2014), las temperaturas crecientes y las fluctuaciones profundas en los regímenes de precipitación producto del cambio climático global, conducen a la pérdida de biodiversidad y a cambios en los procesos y servicios ecosistémicos. Los ambientes acuáticos son ecosistemas “concentradores” ya que reciben materiales de la producción terrestre, que se acumulan y transforman internamente dependiendo del tiempo de retención de agua. Debido a esto, fluctúan por sus procesos internos y también reflejan los cambios e impactos que se producen en los sistemas terrestres circundantes. Las redes fluviales son parte de una matriz ecosistémica acuático-terrestre interviniendo en su funcionamiento la hidrología, el clima, la geología, la vegetación y los suelos, así como también el uso de la tierra. El incremento de la temperatura, la incidencia de la radiación solar y los desbalances en los regímenes de precipitación producidos por el cambio global, impactan sobre esta matriz ecosistémica y los efectos sobre la vegetación, los suelos y los ciclos biogeoquímicos, se reflejan en los cuerpos de agua. Uno de los ejemplos más emblemáticos de vulnerabilidad frente a los cambios globales es el ciclo biogeoquímico del carbono (C). El C es un elemento que cir-

cula por todas las esferas del sistema global, asociando a su ciclado muchos otros elementos, de manera que el análisis de los procesos que lo movilizan es primordial a escala de cuenca o paisaje. En regiones poco habitadas y áreas remotas, el clima rige la transferencia de materiales entre ecosistemas terrestres y acuáticos. Así, el incremento en la temperatura y otras anomalías en el clima han contribuido a incrementar el transporte de C desde los suelos a los cuerpos de agua y a la atmósfera.

El C ingresa a los sistemas acuáticos principalmente en forma disuelta, tanto inorgánica (carbono inorgánico disuelto, CID) como orgánica (carbono orgánico disuelto, COD). Los factores que regulan la magnitud del ingreso de C y, en particular la calidad de la materia orgánica disuelta (MOD) son las precipitaciones, la hidrología, el tipo de cuenca (geología, suelos y cobertura vegetal) y el uso de la tierra. En el medio acuático, la MOD regula el pH, la cantidad y calidad de luz que penetra en los cuerpos de agua (atenúa la penetración de la fracción ultravioleta), influyendo consecuentemente en la producción primaria (fotosíntesis acuática). Además, la MOD es la fuente de C y de nutrientes para las comunidades microbianas y como tal, constituye un elemento clave en la trama trófica acuática, ya que determina fuertemente la estructura comunitaria y trófica. Cabe aclarar aquí que por su origen la MOD puede definirse como “alóctona” o “autóctona”, términos que significan que su producción es externa o interna al sistema de estudio. Por ejemplo, en los ecosistemas acuáticos la MOD alóctona es la que ingresa desde el sistema terrestre, generada por la producción primaria de la vegetación y transformada en los suelos. Mientras que la MOD autóctona es un producto de la actividad de los organismos acuáticos (algas, plantas y animales acuáticos).

Influencia de los sistemas terrestres sobre los acuáticos a nivel regional y en particular dentro del Parque Nacional Nahuel Huapi

Algunos integrantes del grupo de investigación del Laboratorio de Fotobiología hemos abordado el análisis de la dinámica conjunta de ecosistemas terrestres y acuáticos y de los factores que regulan su conectividad en las cabeceras de las redes fluviales norpatagónicas. El Parque Nacional Nahuel Huapi incluye una de las cuencas de cabecera más importantes de la red fluvial norpatagónica (Figura 1 a y b). Allí confluyen numerosos cuerpos de agua, ríos y arroyos que alimentan a los grandes lagos pedemontanos, y finalmente conectados al lago Nahuel Huapi que desagua al océano Atlántico a través del río Limay (Figura 1 b) y posteriormente del río Negro. Los lagos y arroyos del área son una parte central del paisaje por su carácter escénico, la prestación de servicios (por ejemplo, actividades turísticas, provisión de agua, etc.), y fundamentalmente por su rol en el transporte y distribución del agua y materiales de la cuenca que permiten el desarrollo de las comunidades biológicas a lo largo de la red fluvial. El análisis de la dinámica conjunta de sistemas acuáticos y terrestres a escala de paisaje o “nivel de cuenca” ha puesto en evidencia la importancia que tienen las fuentes de materia orgánica terrestre en el funcionamiento de los cuerpos de agua del Parque Nacional Nahuel Huapi. Estudios complementarios (aplicando técnicas analíticas que utilizan las propiedades de absorción de la luz y de fluorescencia de la MOD) han permitido detectar un gradiente de interacción cuenca-lago, en el cual se observa el aporte creciente de materiales alóctonos desde las altas cumbres (2.000 m s.n.m.) hacia el pie de monte (~700 m s.n.m.). Este gradiente está fuertemente marcado por las características de la cobertura del bosque nativo, de los suelos y por el clima del área. Asimismo, se ha detectado que el subsidio de materiales terrestres (ma-

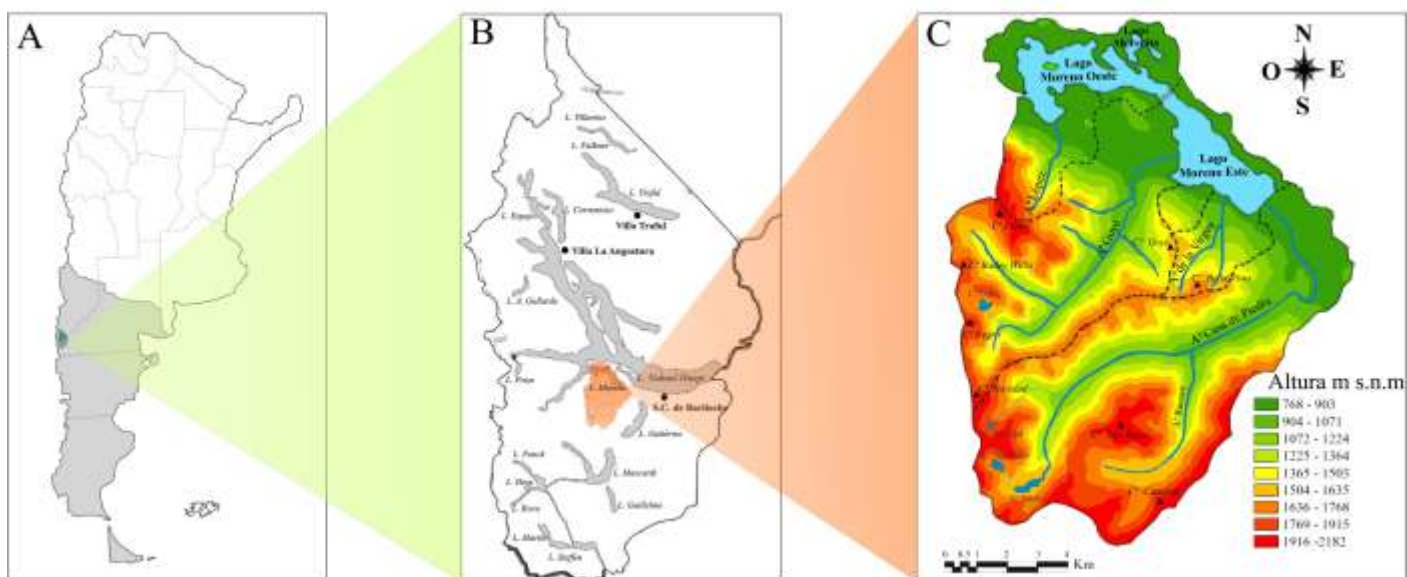


Figura 1. A) Localización del Parque Nacional Nahuel Huapi en el territorio argentino; B) Mapa del sector correspondiente al Parque, y C) Cuenca del complejo lacustre Moreno que incluye al lago Moreno Este, el lago Moreno Oeste, y los arroyos Casa de Piedra, De la Virgen, Goye y López. García et al. (2015b) modificado por M. Reissig.

terial particulado, nutrientes y MOD) en los cuerpos de agua es fuertemente estacional y vehiculizado principalmente por las precipitaciones de otoño-invierno. El deshielo también transporta materiales de la cuenca, sin embargo su aporte es menor y de diferente calidad que el que ingresa por la escorrentía posterior a las lluvias.

Para comprender los pormenores de la interacción entre sistemas terrestres y acuáticos dentro del Parque Nacional Nahuel Huapi y su relación con el clima, focalizamos algunos análisis en la subcuenca del complejo lacustre Moreno, tomándola como nuestro modelo de estudio (Figura 1 b y c).

La cuenca del complejo lacustre Moreno

La cuenca del complejo lacustre Moreno (45° 04' S, 71° 31' O) se encuentra dentro del Parque Nacional Nahuel Huapi (Figura 1 b y c) y un sector de la misma está incluido en el ejido de la ciudad de San Carlos de Bariloche. Esta cuenca se asienta sobre un relieve montañoso con cobertura de bosque nativo (68% del área) aunque desprovista de vegetación por encima de los 1.600 m s.n.m. donde predominan las herbáceas típicas de los desiertos de altura. En las laderas entre los 1.600 y 1.400 m s.n.m. los matorrales de *Nothofagus pumilio* (lenga) forman un estrato arbustivo denso, mientras que más abajo, entre los 1.400 y 900 m s.n.m., domina el tipo arbóreo. El sector definido entre el complejo lacustre Moreno a 790 m s.n.m. y la cota de 900 m s.n.m., presenta una cobertura de bosque mixto de *N. dombeyi* (coihue) y *Austrocedrus chilensis* (ciprés) y un estrato inferior bien desarrollado.

El complejo lacustre Moreno está formado por dos lagos profundos (profundidad máxima ~ 90 m), los lagos Moreno Este y Moreno Oeste e incluye también un lago somero, Morenito (profundidad máxima = 12 m). Los lagos Moreno Este y Moreno Oeste poseen una superficie individual de aproximadamente 6 km² mientras que la superficie del lago Morenito es aproximadamente 0,4 km². Los tres lagos se encuentran unidos por conexiones estrechas que crecen al aumentar los niveles del agua. El lago Moreno Oeste recibe las aguas de los lagos Moreno Este y Morenito, y descarga finalmente en el lago Nahuel Huapi (área = 557 km²) que drena hacia el río Limay (Figura 1 b). El área total de drenaje del complejo lacustre Moreno es de aproximadamente 141 km²; la fracción mayoritaria de la cuenca (~117 km²) drena hacia el lago Moreno Este a través de tres arroyos Casa de Piedra, De la Virgen y Goye (Figura 1 c). El lago Moreno Oeste posee un área de drenaje de aproximadamente 24 km² y recibe un afluente principal, el arroyo López (Figura 1 c). El arroyo Casa de Piedra es el cuerpo lótico más importante de la cuenca del complejo lacustre Moreno, drenando una subcuenca de 65,48 km², con un recorrido de 16,6 km, desde su nacimiento en la laguna Jakob (1.571 m s.n.m.) hasta su desembocadura en el lago Moreno Este (768 m s.n.m.). Este arroyo recibe el aporte de tres lagunas de altura, Témpanos (1.675 m s.n.m.), Jakob (1.571 m s.n.m.) y Navidad (1.800 m s.n.m.), y tiene como afluente al arroyo Rucaco, de 7 km de longitud (Figura 1 c). El arroyo Casa de Piedra es el colector principal de una cuenca que drena los faldeos de los cerros Catedral y Tres Reyes. El arroyo Goye es el segundo arroyo más importante de la cuenca con 11,4 km de longitud y un área de drenaje de 40,22 km², drena faldeos de los cerros Navidad, Negro, Bailey Willis, López y Goye, y recibe además la laguna Negra (1.600 m s.n.m.). El arroyo De la Virgen, de 3,6 km de longitud y un área de drenaje de 6,99 km², es el único arroyo de esta cuenca que nace por debajo de la línea de vegetación (1.600 m s.n.m.), entre los cerros Goye y Bella Vista (Figura 1 c). El arroyo López, nace a aproximadamente 1.620 m s.n.m. sobre el cerro del mismo nombre, recorre 3,2 km hasta su desembocadura en el lago Moreno Oeste, drenando en su trayectoria un área de 9,46 km². Los arroyos López y De la Virgen se originan en altura directamente por el derretimiento de los paquetes de nieve, así como por la entrada de arroyos pequeños, en su mayoría temporarios. Estos dos últimos arroyos drenan sólo el 14% de la cuenca, mientras que el restante 86% desagua a través de los dos arroyos de mayor envergadura, Casa de Piedra y Goye (Figura 1 c).

Un monitoreo de 28 meses de los cuatro arroyos principales de la cuenca, permitió observar y describir la dinámica de la transferencia de materiales y nutrientes y los factores que controlan ese proceso. Se determinó que se producen ingresos importantes de materiales desde la cuenca en sincronía con los mayores eventos de precipitación y la crecida de los arroyos. Dado que la mayor precipitación en la región se produce en la época de otoño-invierno, las crecidas y la escorrentía son marcadamente estacionales (Figura 2 a). En general se observó que los arroyos se encuentran entre los ambientes dulceacuícolas más oligotróficos del mundo, con niveles basales extremadamente bajos de sólidos en suspensión (STS) (Figura 2 b), carbono orgánico disuelto (COD) (Figura 2 c) y nutrientes (Figura 2 d y e). El deshielo de primavera produce también un aumento del caudal y un pulso de materiales en los arroyos (Figura 2 a-e), sin embargo éstos se diferencian de los acarrees de las precipitaciones por su menor magnitud.

El estudio pormenorizado de los cuatro arroyos indicó que la MOD es casi exclusivamente de origen terrestre o alóctono, confirmando la escasa producción interna (autóctona) de estos sistemas. Por otra parte, el análisis de la MOD del arroyo Casa de Piedra en diferentes sitios desde su nacimiento hasta la desembocadura, señaló claramente el aporte de los diferentes suelos y coberturas vegetales a lo largo de su recorrido. Se detectó una ganancia de MOD y nutrientes pendiente abajo, en contraposición con la producción interna que no presentó diferencias marcadas. El escaso tiempo de residencia del agua dentro de los arroyos dada su gran pendiente, fuerte caudal y breve trayectoria, sumado a las temperaturas bajas del agua, desfavorecen la descomposición, transformación y utilización completa de los materiales dentro del sistema. Consecuentemente, los materiales son transportados hacia los lagos con esca-

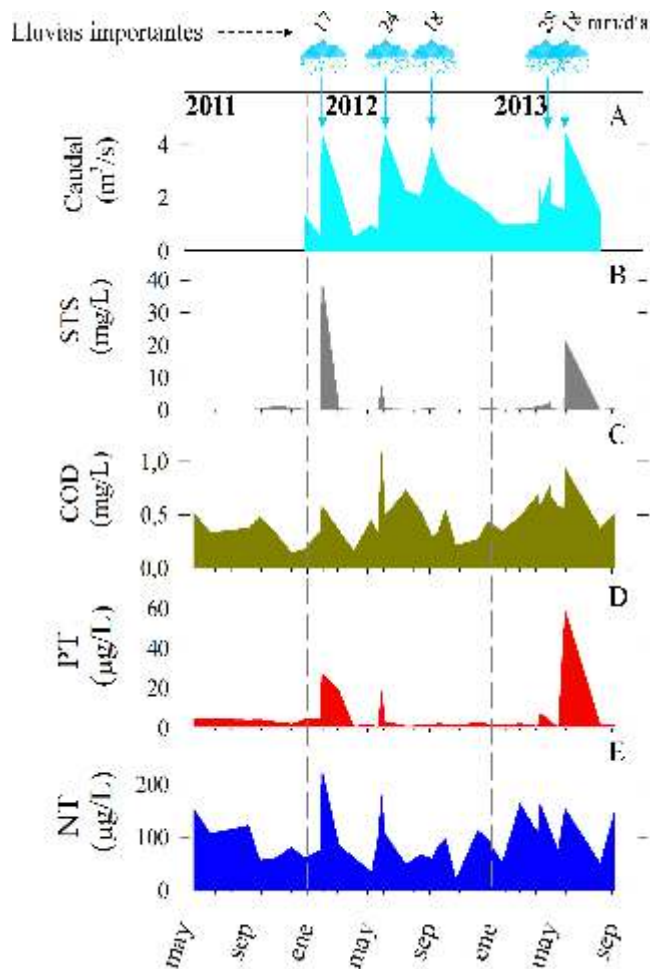


Figura 2. Efecto de las lluvias en la dinámica temporal de diferentes variables del arroyo Casa de Piedra, principal sistema de drenaje de la cuenca del complejo lacustre Moreno: A) caudal; B) concentración de sólidos totales en suspensión (STS); C) carbono orgánico disuelto (COD), D) fósforo total (PT); y E) nitrógeno total (NT). García et al. (2015b) modificado por M. Reissig.

so procesamiento. Un ejemplo acerca del rol conductor de los arroyos se observó después de la caída de cenizas del complejo volcánico Puyehue Cordón Caulle (junio del 2011). Luego de la erupción, se produjeron precipitaciones fuertes que barrieron el material volcánico de la superficie de la cuenca vehiculándolo hacia los arroyos que, a su vez, lo transportaron aguas abajo rápidamente, depositando el acarreo en los lagos. Se pudo observar entonces que los lagos presentaron los efectos más dramáticos, sus superficies permanecieron durante un largo período cubiertas de cenizas lo cual afectó las condiciones del agua (por ejemplo, su transparencia) y las comunidades acuáticas. Todos pudimos darnos cuenta de la magnitud de esta erupción a través de la observación de la acumulación de cenizas en la superficie de los lagos. Sin embargo el proceso de conectividad y el rol concentrador de los lagos no se restringe a lo que se puede observar a simple vista. También existen procesos más sutiles y paulatinos que producen variaciones estacionales, interanuales y cambios que se acumulan y son revelados mediante análisis de precisión que permiten detectar aun pequeñas variaciones en la dinámica de las propiedades del agua.

Siguiendo el derrotero del agua y los materiales, nos concentramos ahora en el punto de ingreso de los arroyos en los lagos, sitio conocido como “pluma”. En general, en las plumas de los arroyos dentro de los lagos Moreno Oeste y Moreno Este hay mayor contenido de STS y de MOD que en sitios más internos de los lagos. Vale decir que las plumas poseen características de transición entre las que se observan en los arroyos y las propias de los lagos. Estas características se acentúan en los momentos de máximo caudal y escurrimiento de materiales desde la cuenca, que coinciden con la época de mayor precipitación y escorrentía (otoño e invierno). Las lluvias torrenciales de primavera y verano pueden producir un efecto semejante aunque más transitorio.

El destino de los materiales provenientes de la cuenca dentro de los lagos

La MOD que reciben los lagos a través de los arroyos y de su línea de costa sufre transformaciones tanto por acción de la exposición a la radiación solar como por la actividad biológica. La magnitud de los cambios en la MOD depende directamente del tiempo de retención del agua en el sistema. Los niveles de radiación incidente en el área son elevados debido a la latitud, a la altura y a la atmósfera prístina. Además, los lagos Moreno Este y Moreno Oeste presentan baja concentración de MOD y de partículas en suspensión, que son las que controlan y atenúan la penetración de la luz en la columna de agua, lo que se refleja en su elevada transparencia y penetración de la luz a profundidades considerables (>30 m). Los estratos superficiales de los lagos están sometidos a niveles altos de radiación incidente que favorecen reacciones denominadas “fotoquímicas” que involucran a la MOD. En los lagos andinos la absorción de las fracciones de la radiación solar conocidas como “visible” y “ultravioleta” provoca alteraciones en la MOD que se reflejan en pérdida del color del agua (“fotodecoloración”). El alcance de este fenómeno, de mayor influencia durante la primavera y el verano, está determinado por la mezcla vertical de los estratos superficiales de la columna de agua que en esta región puede ser de gran magnitud debido a la acción de los fuertes vientos del oeste. La absorción de estas fracciones de la radiación solar acondiciona a la MOD haciéndola, en algunos casos, más accesible a la degradación biológica. En este punto de la historia entran en juego los organismos acuáticos. Cabe mencionar aquí algunos aspectos de las tramas tróficas de los lagos Moreno Este y Moreno Oeste (Figura 3). Éstas se caracterizan por poseer una diversidad baja de especies y baja abundancia. Sin embargo el conjunto de organismos presenta un elevado grado de especialización para desarrollarse en un marco ambiental extremo delimitado por concentraciones muy bajas de nutrientes y de MOD y niveles altos de exposición a la radiación solar. Las bacterias utilizan la MOD y la transforman en biomasa y a su vez, son consumidas por diferentes organismos como los ciliados, las algas flageladas y algunos invertidos filtradores (por ejemplo rotíferos y cladóceros) (Figura 3).

Un aspecto interesante es que algunos de los ciliados planctónicos y varias especies de algas flageladas poseen la capacidad de obtener recursos combinando la fotosíntesis y el consumo de bacterias, lo que se conoce como mixotrofia. Este modo de nutrición permite compensar mediante el consumo de bacterias la escasez de nutrientes y C del medio y aprovechar esas materias primas y la luz solar para la producción primaria, resultando adaptativo frente a la fuerte limitación trófica. Estas algas y ciliados son consumidos por el ensamble de especies que forman el zooplancton que está compuesto por varias especies de rotíferos y crustáceos (copépodos y cladóceros) (Figura 3). Entonces, los consumidores zooplanctónicos reciben a través de su alimentación C proveniente de la fotosíntesis de las algas, así como también C metabolizado por las bacterias (C de origen autóctono y alóctono). A su vez, cuando son comidos por los peces planctívoros transfieren el C hacia el nivel más alto de la trama trófica de los lagos constituido por peces piscívoros nativos (perca) y exóticos (salmónidos) (Figura 3).

En síntesis, en los lagos MO y ME la MOD terrestre subsidia en parte a la trama trófica pelágica donde se observa que hasta un 15% del C presente en los consumidores del plancton es de origen terrestre.

Perspectivas del efecto del cambio ambiental en las cuencas andinas norpatagónicas

En diferentes regiones del mundo se han observado consecuencias del cambio climático global, como fluctuaciones en el régimen y volumen de las precipitaciones e incrementos en la temperatura. El pronóstico acerca de la dirección del cambio climático prevé alteraciones en la vegetación, en los suelos y en los cuerpos de agua que afectarían los patrones y características de la transferencia de materiales y de los ciclos biogeoquímicos dentro de la biosfera.

En la región patagónica los factores de estrés naturales continúan siendo de tipo climático aunque en algunas áreas, el incremento de las actividades humanas ejerce un impacto sobre los recursos naturales. Por esta razón resulta más conveniente la idea de “cambio ambiental”, ya que en ella confluyen el clima cambiante y otros factores que actúan en conjunto, potenciándose. La dirección y la magnitud del impacto del cambio ambiental tiene algunos aspectos clave que se puntualizan a continuación: 1- el incremento sostenido en la temperatura promedio de la región se refleja en la retracción de los hielos continentales, en la transformación de cuerpos de agua y de ecosistemas terrestres (Masiokas et al., 2008); 2- el cambio de la frecuencia y de la magnitud de las oscilaciones climáticas dominantes (Oscilación Sur El Niño, ENSO) determina patrones contrastantes y anomalías en la disponibilidad de agua a lo largo de los ejes longitudinales y latitudinales (Paruelo et al., 1998); 3- los niveles de radiación solar, particularmente la fracción de la radiación ultravioleta, son elevados aun cuando la pérdida de ozono se ha estabilizado (Díaz et al., 2014); 4- la frecuencia creciente de incendios causados por tormentas eléctricas en combinación con temperaturas inusualmente elevadas, déficit hídrico, etc. son factores de estrés con efectos prolongados y extensivos (Kitzberger, 2015; Campetella, 2015); 5- el crecimiento de la población humana y de sus actividades avanzan de manera no planificada sobre los recursos naturales en diversos puntos de la región, retroalimentándose con las fluctuaciones del clima y de los eventos estocásticos como los incendios (Kitzberger et al., 2014; Kitzberger, 2015); 6- el cambio del clima y el impacto de la actividad del hombre en la región favorecen la dispersión y establecimiento de especies vegetales y animales exóticas en muchos casos invasoras y/o patógenas que establecen interacciones con los ensambles bióticos nativos modificando las condiciones ecológicas naturales (Perotti et al., 2005; Relva et al., 2014).

En particular, en la región andina norpatagónica, las predicciones climáticas sostienen que se producirá una reducción en el nivel de precipitaciones durante el otoño-invierno (Masiokas et al., 2008; Villalba et al., 2012), y un aumento de la temperatura y de lluvias torrenciales durante el verano (Núñez et al., 2009). Esta tendencia climática produce y/o se sinergiza con eventos meteorológicos previamente esporádicos y cada vez más frecuentes (tormentas eléctricas).

cas) que inciden sobre la producción de incendios forestales (Kitzberber, 2015). Las fluctuaciones en la variación climática interanual en la región se manifiestan como años o secuencias de años más secos o húmedos en combinación con temporadas estivales más cálidas o frescas, con las precipitaciones controlando el ciclo hidrológico. Como se desarrolló anteriormente, la dinámica de la cuenca forestada y el régimen de precipitación estacional regulan la conectividad y el ingreso de materiales a los cuerpos de agua del Parque cuyas cadenas tróficas dependen parcialmente del aporte de la cuenca. Las precipitaciones regulan además el nivel de los cuerpos de agua afectando la conectividad y el tiempo de retención del agua, eslabón clave en el procesamiento, transformación e incorporación de los materiales terrestres en las tramas tróficas acuáticas. La temperatura regula a nivel ecosistémico la dinámica de los procesos biológicos de descomposición y producción que afectan el procesamiento de los materiales en los suelos y en el agua y determinan la dinámica de las comunidades y la funcionalidad ecosistémica.

Si bien resulta difícil pronosticar los efectos de los cambios ambientales sobre las redes fluviales norpatagónicas, se pueden plantear escenarios potenciales. Por ejemplo, teniendo en cuenta cambios estrictamente climáticos, los años más secos y cálidos o con un acortamiento en el período de lluvias, determinarían un menor aporte de agua y materiales de la cuenca, tanto debido a la reducción de la escorrentía superficial como subterránea. En este sentido, se podría inferir que además de diferencias en el volumen del aporte alóctono, existirían cambios en su calidad dados por un incremento en la proporción del aporte de materiales con mayor tiempo de residencia y grado de procesamiento en los suelos. Además, en los períodos de “aguas bajas” disminuye la conexión entre los sistemas,

incrementándose el tiempo de retención del agua en los lagos, y consecuentemente el potencial de transformación de los materiales en el seno de estos ambientes. En esa condición, la MOD de los lagos se vería expuesta a procesos internos por períodos más prolongados, lo cual incrementaría su transformación tanto por efecto de agentes físicos (por ejemplo, radiación solar) como biológicos (bacterias). Un escenario alternativo podría involucrar el incremento de las precipitaciones torrenciales durante el verano asociadas a tormentas convectivas con actividad eléctrica. El incremento de las tormentas eléctricas es uno de los factores causantes de incendios forestales ocurridos recientemente. Ambos fenómenos tienen un efecto amplio a nivel de la cuenca. Por un lado, las lluvias torrenciales de verano producen un arrastre importante de materiales del suelo seco, los cuales ingresan como pulsos, probablemente con un efecto local y rápido. Los incendios producen una remoción rápida de elementos de la biomasa vegetal que pasan a los suelos y luego en parte son arrastrados a los cuerpos de agua, ingresando pulsos excepcionales de MOD y nutrientes alóctonos a las tramas tróficas y a los procesos de ciclado del medio acuático. Estos ingresos incrementarían la producción acuática tanto autotrófica como heterotrófica, particularmente en los sistemas más oligotróficos. Teniendo en cuenta la conectividad de los sistemas terrestres y acuáticos y la sensibilidad de los cuerpos de agua andino-patagónicos a los cambios en los ecosistemas terrestres circundantes, su conservación y sustentabilidad como recurso dependerán también de la preservación de los bosques y suelos atravesados por la red fluvial.

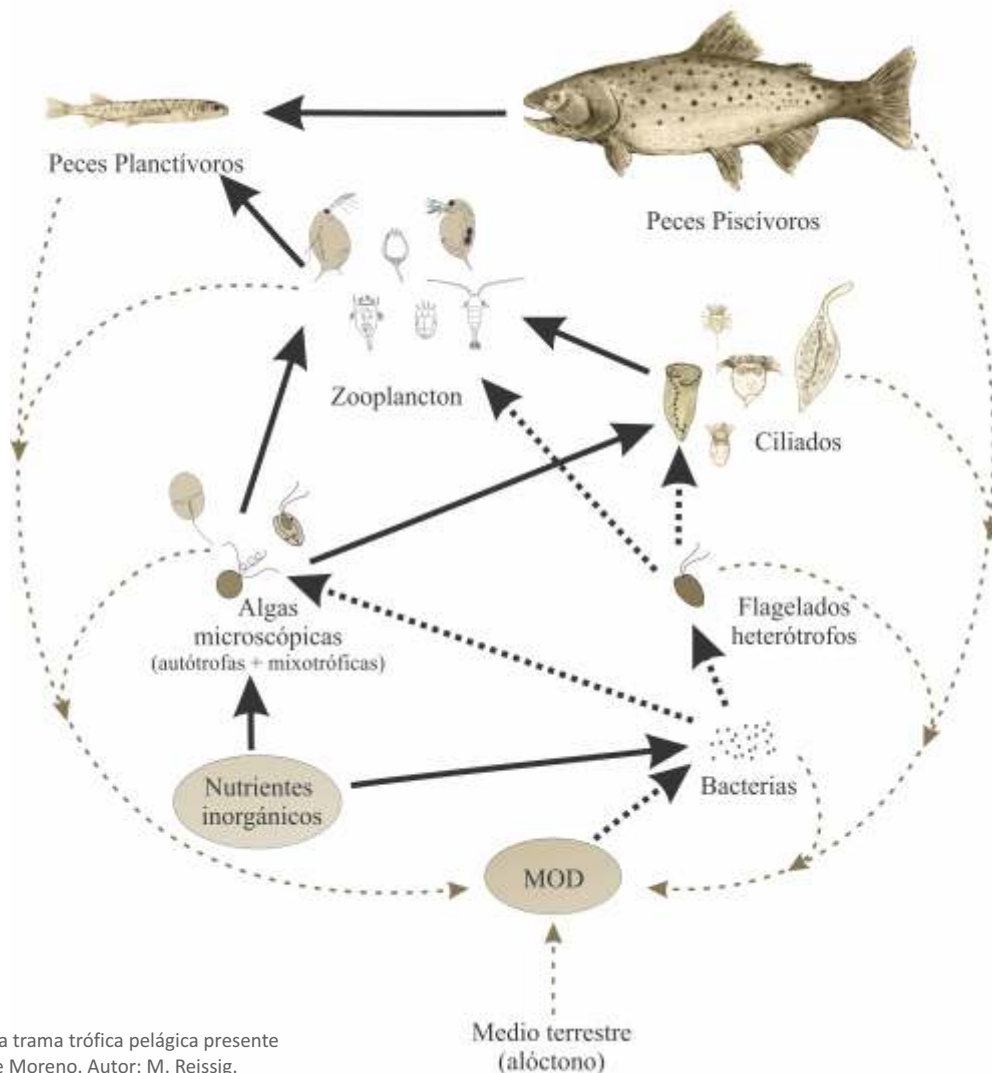


Figura 3. Esquema de la trama trófica pelágica presente en el complejo lacustre Moreno. Autor: M. Reissig.

Bibliografía consultada

Campetella, E. 2015. Comprensión de situaciones meteorológicas que facilitan la ocurrencia de incendios forestales. Desde la Patagonia Difundiendo Saberes 12: 32-34.

Díaz, S. B., A.A. Paladini, H.G. Braile, M.C. Diéguez, G.A. Deferrari, M. Vernet. & J. Vrsalovic. 2014. Global and Direct UV Irradiance Variation in the Nahuel Huapi National Park (Patagonia, Argentina) after the eruption of Puyehue-Cordón Caulle (Chile). *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 112: 47-56.

García, P.E, M.C. Diéguez & C.P. Queimaliños. 2015a. Landscape integration of North Patagonian mountain lakes: a first approach using the characterization of dissolved organic matter. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, 20:19-32.

García, R.D., M. Reissig, C.P. Queimaliños, P.E. García & M.C. Diéguez. 2015b. Climate-driven terrestrial inputs in ultraoligotrophic mountain streams of Andean Patagonia revealed through chromophoric and fluorescent dissolved organic matter. *Science of the Total Environment*, 521/522:280-292.

IPCC. 2014. *Climate Change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and sectorial aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.*

Kitzberger, T., M. Blackhall, L. Cavallero, L. Ghermandi, J. Gowda, K. Heinemann, E. Raffaele, J. Sanguinetti, M.L. Suarez & N. Tercero Bucardo. 2014. Comunidades dinámicas. En: *Ecología e Historia Natural de la Patagonia Andina: un cuarto de siglo de investigaciones en biogeografía, ecología y conservación.* Raffaele, E., M de Torres Curth, C. Morales y T. Kitzberger (Eds.). *Fund. Hist. Nat. Félix de Azara*; pp.37-77.

Kitzberger, T. 2015. Relación entre el clima y los grandes incendios forestales en el noroeste de la Patagonia. Desde la Patagonia Difundiendo Saberes 12: 32-34.

Masiokas, M.H., R. Villalba, B.H. Luckman, M.E. Lascano, S. Delgado & P. Stepanek. 2008. 20th-century glacier recession and regional hydroclimatic changes in northwestern Patagonia. *Global and Planetary Change* 60: 85-100.

Modenutti, B.E. & E.G. Balseiro. 2002. Mixotrophic ciliates in an Andean lake: dependence on light and prey of an *Ophrydium naumanni* population. *Freshwater Biology*, 47(1):121-128.

Núñez, M.N., S.A. Solman & M.F. Cabrè. 2009. Regional climate change experiments over southern South America. II: Climate change scenarios in the late twenty-first century. *Climate Dynamics*, 32(7-8):1081-1095.

Perotti, M.G., M.C. Diéguez & F. Jara. 2005. Humedales del NO y Centro de la Patagonia Argentina: caracterización y aspectos relevantes para la conservación de sus comunidades biológicas. *Revista Chilena de Historia Natural* 78: 723-737.

Queimaliños, C.P., B.E. Modenutti & E.G. Balseiro. 1999. Symbiotic association of the ciliate *Ophrydium naumanni* with *Chlorella* causing a deep chlorophyll a maximum in an oligotrophic South Andes lake. *Journal of Plankton Research*, 21(1):167-178.

Queimaliños, C.P., G.L. Pérez & B.E. Modenutti. 2002. Summer population development and diurnal vertical distribution of dinoflagellates in an ultraoligotrophic Andean lake (Patagonia, Argentina). *Archiv für Hydrobiologie* 145:117-129.

Queimaliños, C.P., M. Reissig, M.C. Diéguez, M. Arcagni, S. Ribeiro Guevara, L. Campbell, C. Soto Cárdenas, R. Rapacioli & M. Arribére. 2012. Seasonality of pelagic allochthonous signals in two connected ultraoligotrophic lakes of North Patagonia: interactions with precipitation, landscape and hydrogeomorphic lake features. *Science of the Total Environment* 427/428: 219-228.

Relva, M.A., M. Damascos, P. Macchi, P. Mathiasen, A.C. Premoli, M.P. Quiroga, N.I. Radovani, E. Raffaele, P. Sackmann, K. Speziale, M. Svriz, M. & P.H. Vigliano. 2014. Impactos humanos en la Patagonia. En: *Ecología e Historia Natural de la Patagonia Andina: un cuarto de siglo de investigaciones en biogeografía, ecología y conservación.* Raffaele, E., M. de Torres Curth, C. Morales, y T. Kitzberger (Eds.). *Fund. Hist. Nat. Félix de Azara*; pp.157-182.

Villalba, R., A. Lara, M.H. Masiokas, R. Urrutia, B.H. Luckman, G.J.

Marshall, I.A. Mundo, D.A. Christie, E.R. Cook, R. Neukom, K. Allen, P. Fenwick, J.A. Boninsegna, A.M. Srur, M.S. Morales, D. Araneo, J.G. Palmer, E. Cuq, J.C. Aravena, A. Holz & C. LeQuesne. 2012. Unusual Southern hemisphere tree growth patterns induced by changes in the Southern Annular Mode. *Nature Geoscience* 5: 793-798.

Zagarese, H.E., M. Diaz, F. Pedrozo, M. Ferraro, W. Cravero & B. Tararotti. 2001. Photodegradation of natural organic matter exposed to fluctuating levels of solar radiation. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 61(1): 35-45.

Glosario

Autotrofia: Modo de nutrición que utiliza energía solar o química y materiales inorgánicos para la producción de estructuras orgánicas. El tipo de autotrofia más conocida es la fotosíntesis.

Carbono inorgánico disuelto (CID): Fracción del carbono que se encuentra en solución acuosa y que proviene de material inorgánico (por ejemplo del lavado de las rocas, los suelos, etc.).

Carbono orgánico disuelto (COD): Fracción del carbono que proviene de material biológico u orgánico (por ejemplo, de la descomposición de restos vegetales).

Heterotrofia: Modo de nutrición basado en el consumo de otros organismos o depredación.

Materia orgánica disuelta (MOD): compuestos orgánicos autóctonos y alóctonos en solución acuosa que provienen de organismos, su actividad y descomposición.

Materiales alóctonos: Conjunto de materiales orgánicos e inorgánicos que provienen de la producción de un sistema colindante o vecino.

Materiales autóctonos: Conjunto de materiales orgánicos e inorgánicos que provienen de la producción interna de un ecosistema.

Mixotrofia: Modo de nutrición en el que se combinan y complementan el modo autotrófico (fotosíntesis) y el heterotrófico (depredación o consumo de otros organismos)

Sólidos totales en suspensión (STS): Partículas orgánicas e inorgánicas mayores a 0,7 µm (por convención) que se encuentran en suspensión en las aguas naturales.



Reseña del grupo de Investigación

El grupo de investigación de Ecosistemas acuáticos del Laboratorio de Fotobiología (INIBIOMA, UNComahue-CONICET) está integrado por investigadores, docentes y estudiantes de posgrado. El grupo aborda desde diversos ángulos el análisis de los efectos de los cambios ambientales (temperatura, precipitaciones y niveles de radiación solar) sobre sistemas acuáticos norpatagónicos. Actualmente el grupo estudia el impacto de esas variables sobre procesos ecosistémicos que involucran a la transferencia de materiales (materia orgánica disuelta y nutrientes) desde el medio terrestre hacia los sistemas acuáticos y sus efectos en las tramas tróficas acuáticas. En este contexto general se investiga la dinámica del transporte de materiales en una cuenca boscosa con una red hidrológica compuesta por lagos de altura, arroyos de montaña y lagos pedemontanos profundos y someros dentro del Parque Nacional Nahuel Huapi.

Arquitectura del alerce y del ciprés de las Guaitecas.

Javier Grosfeld¹

¹Observatorio Socio-ambiental, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas CONICET, Centro Científico Tecnológico Patagonia Norte, Av. Pioneros 2.350, Bariloche. grosfeldje@comahue-conicet.gov.ar

Resumen

Se analiza la arquitectura y la secuencia de desarrollo de *Fitzroya cupressoides* (alerce) y *Pilgerodendron uviferum* (ciprés de las Guaitecas), dos especies endémicas de Cupressaceae, amenazadas y protegidas a nivel internacional, que habitan los sectores más húmedos de los bosques Andino-Patagónicos. Se examina la evolución de la arquitectura de estas dos especies durante los sucesivos estadios desde la germinación hasta la etapa de senescencia, que puede durar varios siglos, mediante el proceso de duplicación o reiteración parcial secuencial. Los efectos del medio ambiente, principalmente debido a traumatismos, afectan sólo cuantitativamente la arquitectura, disminuyendo la velocidad del desarrollo, las longitudes de cada estructura y la importancia de las reiteraciones. Finalmente se señala la utilidad del análisis arquitectural en el estudio de la biología y ecología de las Cupressaceae patagónicas.

Abstract

This study focuses on the architecture and developmental sequence of *Fitzroya cupressoides* (alerce) and *Pilgerodendron uviferum* (ciprés de las Guaitecas), two Cupressaceae species, endemic of southern Chile and Argentina. Both species inhabit the wettest sites of the Andean-Patagonian forests, are considered to be under threat and are protected at international level. The evolution of the architecture of both species through successive stages from germination to senescence, which may extend over several centuries, was investigated by means of the evaluation of duplication and sequential partial reiteration. Environmental factors, mainly in the form of traumatismos, affect only quantitatively the architecture and developmental sequence of these species. The usefulness of the architectural analysis in the study of the biology and ecology of the Patagonian Cupressaceae is highlighted.

Introducción

Desde su inicio en los años '70, el estudio de la arquitectura de las plantas ha aportado una visión detallada e integradora sobre el desarrollo de las plantas, incrementando los conocimientos acerca de los procesos que controlan el crecimiento y determinan la forma final de un árbol. La concepción básica del análisis arquitectural es una visión integradora de la estructura y de la dinámica del desarrollo de los vegetales, teniendo en cuenta los procesos internos que determinan la forma (por ejemplo genéticos o eco-fisiológicos), así como los efectos ejercidos por el medio ambiente. La descripción arquitectural de la secuencia de desarrollo contribuye a diagnosticar el estado de desarrollo y sanitario de los individuos, así como a predecir su desarrollo futuro. El análisis arquitectural cuenta con cuatro conceptos principales para describir el desarrollo de cualquier planta: la arquitectura básica o modelo arquitectural, la arquitectura específica de cada especie o unidad arquitectural, el proceso de duplicación y multiplicación de la arquitectura denominado reiteración y la evidencia de gradientes morfológicos relacionados con la edad fisiológica de los meristemas. Las herramientas y conceptos aportados por la arquitectura vegetal tienen, en la actualidad, diferentes aplicaciones en arboricultura, silvicultura, ecología, ecofisiología, genética forestal y modelización matemática.

Fitzroya cupressoides (alerce) es el árbol de mayor porte de los bosques andino-patagónicos, pudiendo alcanzar 50m de alto y 3,5m de diámetro, con un escaso incremento diametral. Habita en el norte de la Patagonia, en sitios donde las precipitaciones superan los 2.000mm (Figura 1) y es la especie arbórea más longeva del Hemisferio Sur, pudiendo superar los 3.600 años. En el caso de *Pilgerodendron uviferum* (ciprés de las Guaitecas) se extiende a lo largo de 1.600km desde los 39° 36' hasta los 54° 20' de latitud sur, siendo la más austral de las coníferas del mundo. Habita sitios generalmente inundados, mallines o turberas, formando masas ralas. Es un árbol longevo que puede superar los 1.000 años, de crecimiento radial lento y que puede alcanzar 20m de altura y 1m de diámetro.

En Argentina ambas especies son muy raras y presentan una distribución muy fragmentada, aunque afortunadamente la mayor parte de las poblaciones argentinas se encuentran protegidas dentro del sistema de áreas protegidas, nacionales o provinciales.



Contribución al Parque Nacional Nahuel Huapi

Este trabajo describe por primera vez la secuencia de desarrollo de dos especies amenazadas y prioritarias para la conservación que habitan el Parque Nacional. El conocimiento de la evolución de la arquitectura en los diferentes ambientes que habitan, así como de la reacción de estas plantas a eventos traumáticos permite realizar un diagnóstico preciso y detallado de cada individuo y, de ser necesario, proponer pautas de manejo, especialmente en sectores de acceso turístico.

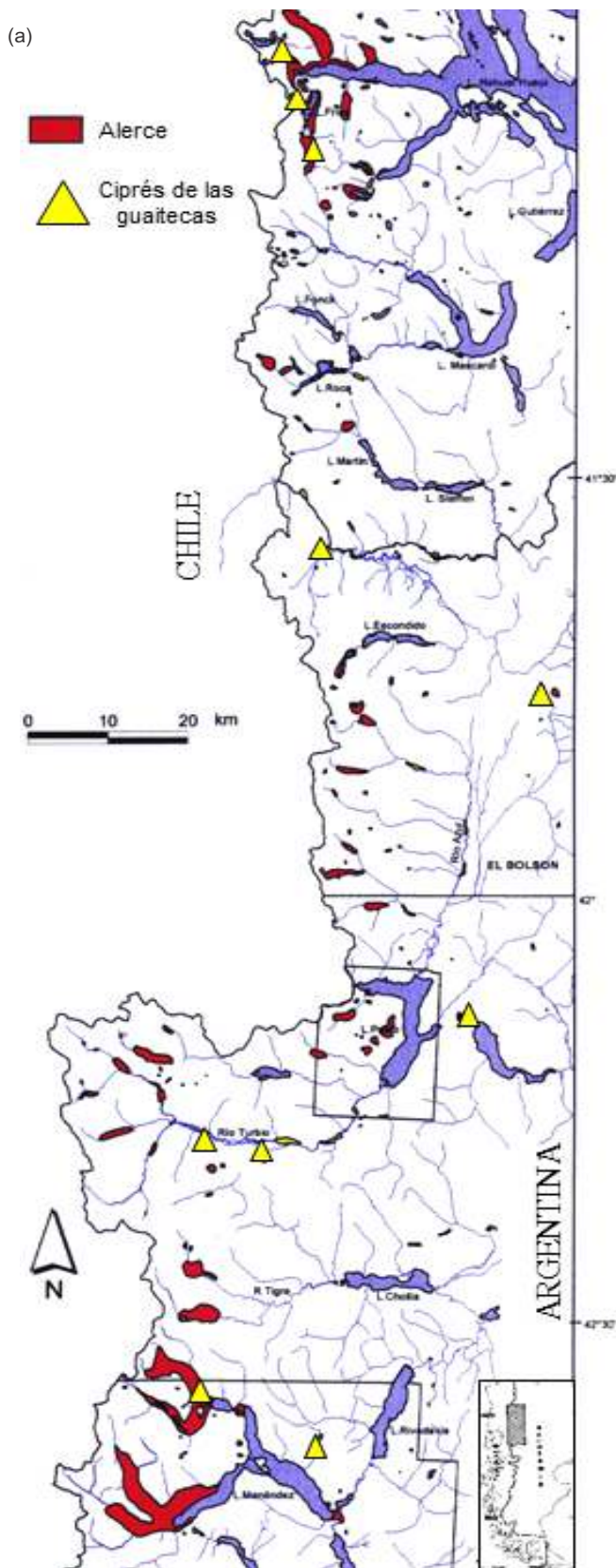


Figura 1: (a) Mapa de distribución de *Fitzroya cupressoides* (alerce) y *Pilgerodendron uviferum* (ciprés de las Guaitecas) (en basado en Kitzberger et al 2000).

Dentro del Parque Nacional Nahuel Huapi estas especies cohabitan en varias poblaciones en la zona de Puerto Blest, aunque en el caso del alerce también puede ser encontrado en otros sectores de este Parque Nacional. Ambas especies son consideradas como paleoendemismos de los bosques Andino-Patagónicos del sur de Argentina y Chile. Se ha determinado que estas dos especies de Cupressaceae se encuentran amenazadas, por lo tanto su aprovechamiento y comercialización están restringidos internacionalmente ya que están incluidas en el "Apéndice I", de máxima protección, de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora CITES). Si bien existen datos detallados acerca del incremento radial, la variación genética, distribución y diferentes aspectos de la ecología de estas especies, los datos que se disponen acerca de su desarrollo y crecimiento primario son escasos. Incluso datos básicos de su biología, como la sexualidad de sus ejemplares, fueron dilucidados hace relativamente poco. El objetivo de este trabajo es el de analizar la arquitectura y la secuencia de desarrollo endógena del alerce y el ciprés de las Guaitecas en condiciones naturales, poniendo en evidencia distintos aspectos morfológicos y arquitecturales, que puedan contribuir en el manejo y conservación de estas especies y al mejor conocimiento de su biología.

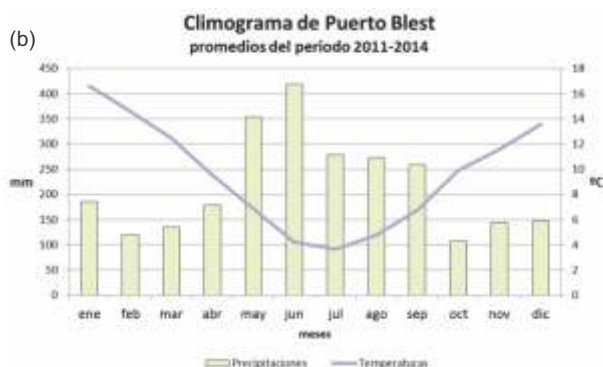
Materiales y métodos

Se estudiaron principalmente poblaciones naturales situadas en la parte norte de la Patagonia argentina, donde ambas especies pueden aparecer asociadas o separadamente. En el Parque Nacional Nahuel Huapi se estudiaron las poblaciones de Puerto Blest, laguna Los Cántaros y sendero Ortiz Basualdo, paso Raúlíes, paso de las Nubes, lago Roca y cascada Los Alerces. Este estudio ha sido efectuado siguiendo el método del análisis arquitectural, consistente en el análisis detallado y global de la estructura de los individuos de una especie. Para el análisis de las dos especies, se ilustraron mediante dibujos, esquemas o fotografías, aspectos generales y detalles relativos a características morfológicas de los ejes (tipo de hoja, filotaxis, modo de crecimiento y ramificación, orientación, largo y disposición relativa de los ejes y posición de los conos y amentos) y la arquitectura de numerosos ejemplares en diferentes estados de desarrollo, desde la germinación hasta los estadios ulteriores de desarrollo. La observación de grandes ejemplares se realizó utilizando binoculares para examinar su copa. Para cada una de las especies, se estimaron parámetros de crecimiento y ramificación de las principales categorías de ejes, con el objeto de caracterizar el funcionamiento meristemático. Mediante conteo de anillos de tarugos extraídos con barrenos de Pressler se determinaron las edades de los individuos analizados. Se comparó el desarrollo arquitectural de estas especies creciendo en los mejores sitios, con la de ejemplares creciendo en condiciones más limitantes de luz y sustrato. Por cuestiones de espacio, en los resultados se presenta principalmente la secuencia de desarrollo creciendo en condiciones "no limitantes".

Resultados

I. Arquitectura y secuencia de desarrollo.

La germinación de las semillas del alerce (Figura 2a) y ciprés de las Guaitecas (Figura 3a) sucede entre los meses de octubre y diciembre. Ambas presentan un par de cotiledones recurvos, al que le sigue un primer par de hojas pequeñas, que se disponen en un plano perpendicular con los cotiledones. Las plántulas de



alerce rápidamente pasan a su característica filotaxis de 3 hojas por nudo, mientras que el ciprés de las Guaitecas es la única especie de toda la familia Cupressaceae que mantiene una filotaxis opuesta-decusada durante toda su vida (Figura 3b). El tipo de hoja juvenil es acicular, poco adherente y el limbo tiene una gran parte libre decumbente. El meristema apical de los ejes está protegido por primordios foliares en distintos grados de diferenciación y durante los meses de invierno su funcionamiento disminuye y no se observa alargamiento. Durante el primer año de vida la planta no se ramifica, evento que puede retrasarse hasta el décimo año de vida en ambientes de baja luminosidad.

En los renovales de ambas especies (Figura 2b y 3c) aparece el tipo de hoja adulta, que es principalmente decurrente y más larga que ancha. Se establece la ramificación del tronco, que es lateral, difusa (ramas distribuidas al azar sobre el eje portador) y de desarrollo inmediato (las ramas no presentan una fase de reposo o yema antes de su desarrollo). Las primeras ramas aun presentan hojas juveniles, son de escaso desarrollo, no se ramifican y son caducas a corto plazo.

Las plantas jóvenes presentan una copa cónica a piramidal (Figura 2c). El tronco (al que denominamos "A1") es un monopodio, de desarrollo vertical con ramas radialmente alrededor (ortotrópico), su crecimiento es potencialmente continuo, pero modulado por las frías temperaturas invernales, y se encuentra lignificado en gran parte de su extensión. En este estadio alcanzan su máxima velocidad de crecimiento en altura, pudiendo llegar a tener brotes anuales de hasta 50-60cm en el caso del alerce, y entre 15 y 25cm para el ciprés de las Guaitecas. La ramificación difusa e inmediata del tronco origina las ramas principales (ejes de categoría 2 o "A2"), que son de crecimiento definido a largo plazo, lignificadas y presentan hojas del tipo adulto. En ambas especies, las ramas ubicadas en la parte superior a media de la planta presentan un ángulo de inserción más abierto mientras que las ramas basales son horizontales a péndulas. Las ramas principales son más rectas en el ciprés de las Guaitecas que en el alerce, que tienden a ser más curvas. La ramificación lateral, difusa e inmediata de los ejes A2, da origen a las ramas secundarias (ejes de categoría 3 o "A3"). Los A3 se ubican de forma radial respecto de su eje portador, son poco lignificados y de crecimiento definido a corto plazo, siendo más abundantes en el alerce que en el ciprés de las Guaitecas. A medida que una rama (A2) se alarga, los ejes A3 ubicados en su parte media y apical son cada vez más vigorosos y pueden

ramificarse también de forma monopodial, inmediata y difusa, dando origen a la última categoría de eje (ejes de categoría 4 o "A4") que son cortos, de crecimiento definido a corto plazo y no se ramifican. Las hojas de los dos últimos órdenes de ramificación (A3 y A4) son escuamiformes, bien imbricadas, tan largas como anchas, y notablemente más chicas que la de los ejes A1 y A2.

La longitud promedio de los entrenudos del tronco y de las ramas aumenta progresivamente desde la germinación, indicando un incremento gradual del crecimiento. La longitud y el número de entrenudos de los brotes anuales son mayores en el tronco que en las ramas y, en éstas, la producción anual disminuye desde las ramas distales a las ramas ubicadas en la porción más basal del árbol.

En los individuos vigorosos que crecen a pleno sol, la aparición de las estructuras reproductivas y la consiguiente madurez sucede cuando la planta supera un umbral de diferenciación, evidenciado morfológicamente por el desarrollo de ejes A4, lo cual en condiciones óptimas puede ocurrir cuando los árboles tiene entre 20 y 50 años de edad y entre 3 y 5m de altura (Figura 2d y 3d). En estas especies dioicas (sexos separados en diferentes árboles), los primeros conos o amentos se ubican de forma terminal en los A3, portados por ramas que se ubican en la parte distal del árbol (Figura 2e y 3e). A medida que la planta se desarrolla, los conos y amentos se ubican únicamente en los ejes A4, siempre de forma terminal (Figura 2f y 3f). La ubicación terminal de los conos y amentos impide que los ejes portadores puedan seguir con su desarrollo, por lo que los mismos permanecen como ejes fotosintéticos y luego de un cierto tiempo mueren y caen. Con los años, la cantidad de ramas implicadas en la sexualidad se multiplica progresivamente abarcando la integridad del árbol, pero siempre exclusivamente sobre los ejes A4.

Luego de la aparición de la sexualidad, el desarrollo ulterior de los ejemplares presenta el mismo patrón cualitativo de crecimiento y ramificación hasta alcanzar la máxima dimensión de copa (Figura 2g y 3g). Sobre algunas ramas se observa que ciertas A3 se vuelven más vigorosas y gradualmente empiezan a adquirir las mismas características morfológicas y funcionales del eje A2 que los porta (Figura 2h y 3h). En verdad, estos ejes marcan el comienzo del proceso de reiteración parcial, que implica la duplicación sucesiva de la estructura de las ramas, produciéndose un aumento aparente de los órdenes de ramificación de la copa del árbol sin que aparezcan nuevas categorías de ejes morfológica y funcionalmente diferentes a las ya descritas (A1, A2, A3 y A4). Las reiteraciones parciales generalmente se desarrollan primero en las ramas de la parte basal a media del árbol, pero a medida que la planta crece los complejos reiterados se vuelven más comunes y finalmente el proceso de reiteración parcial termina por generalizarse para todo el árbol, provocando un aumento global del número de los órdenes de ramificación. El proceso de reiteración parcial puede expresarse durante cientos e incluso miles de años en el caso del alerce.

La planta alcanza su máxima altura pudiendo sobrepasar los 50m en el caso del alerce (Figura 2i), y más de 20m en el caso del ciprés de las Guaitecas (Figura 3i), presentando una copa piramidal a cónica de gran tamaño. La mayor parte de las ramas de los árboles viejos están conformadas por ejes ampliamente reiterados, generados en sucesivas olas de reiteración parcial secuencial (Figura 2j y 3j). La morfología de la mayor parte de los ejes que conforman la copa del árbol reiterado es similar entre sí, con hojas



Figura 2: Secuencia de desarrollo del alerce. (a) Plántula, (b) renovoal, (c) juvenil, (d) planta adulta, (e) detalle de rama femenina adulta, (f) detalle de cono femenino (izq.) y amento masculino (der.), (g) árbol reiterado, (h) detalle de reiteración parcial secuencial, (i) árbol viejo, (j) rama reiterada. (A2: rama principal, A3: rama secundaria, A4: rama corta, A'2: complejo reiterado parcial, r.p.s.: reiteraciones parciales secuenciales).

Autoría: J. Grosfeld

II. Principales efectos ambientales en la arquitectura.

Las principales variables ambientales que modifican la secuencia de desarrollo del alerce y el ciprés de las Guaitecas, están relacionadas con la ocurrencia e intensidad de traumatismos, la densidad del bosque, el tipo de sustrato, y ciertos factores de estrés como exposición a vientos constantes, altitud elevada, fuerte acumulación de nieve o alta frecuencia de disturbios antrópicos (incendios, ganado, tala, etc.).

Si bien ambas especies se desarrollan mejor en ambientes abiertos, el alerce también puede establecerse bajo un dosel arbóreo no muy cerrado que permita la llegada de la luz al suelo, o en claros dentro de los bosques provocados por la caída de un árbol o de una gran rama. Aunque la secuencia de desarrollo es cualitativamente similar, estos ejemplares en el sotobosque tienen modificaciones cuantitativas y se desarrollan mucho más lentamente. Las plantas portan menos ramas vivas sobre el tronco y su incremento en altura es mínimo año a año. Una característica destacable de los individuos que crecen en el sotobosque es que todas las categorías de ejes presentan hojas de tipo juvenil durante mucho tiempo. Luego de decenas de años de crecer bajo el dosel, la madurez sucede cuando el árbol tiene una altura y una edad mayor que los ejemplares que crecen en bosque abierto (más de 15m de altura y a partir de los 150 años de edad). La parte viva de la copa adulta abarca de 1/2 a 1/3 de la longitud total del tronco. Los ejemplares adultos presentan una copa cónica, corta y estrecha, que lleva ramas sólo en su parte superior, exhibiendo muy pocas ramas basales vivas. En estas condiciones, la aparición de reiteraciones parciales puede suceder antes que el desarrollo de los primeros conos o amentos. Las últimas etapas de desarrollo suceden una vez superado el dosel, donde el desarrollo del árbol ya no está condicionado por la falta de luz, presentando similares características que las descriptas para los individuos que se desarrollan toda su vida en bosque abierto.

En cualquier momento de la secuencia de diferenciación de los árboles de alerce y ciprés de las Guaitecas pueden suceder eventos traumáticos naturales (como caídas de ramas, incendios parciales de copa, heladas tardías, herbivoría, etc.) que den origen a quebraduras o muertes parciales y deterioren en mayor o menor medida la estructura de la copa, modificando el desarrollo de los ejes. La reacción de la planta luego de producirse el traumatismo, se produce mediante la desdiferenciación de uno o varios ejes cercanos al lugar del traumatismo, restableciendo la arquitectura original de la misma, asumiendo la misma función y estructura que fuera dañada, ya sea el tronco (reiteraciones totales) o las ramas (reiteraciones parciales). Cualquiera sea la categoría de eje afectada, generalmente el

nuevo eje sigue la misma secuencia de diferenciación que el eje reemplazado, presentando una estructura similar, constituyendo complejos reiterados de origen traumático. Las reiteraciones traumáticas generalmente se originan cerca del lugar del traumatismo y pueden ser totales, si funcionan como relevos del tronco, o traumáticas parciales, en el caso que la estructura reemplazada por el complejo reiterado sea una rama lateral. Si el eje dañado es el tronco y el traumatismo se produce relativamente alejado de su ápice, existe una alta probabilidad que se formen horquetas, y la repetición de este proceso tiene como resultado la formación de un árbol multitronco generalmente de fuste sinuoso o con severas deformaciones, compuesto por varias reiteraciones totales.

La exposición a fuertes vientos puede modificar ampliamente la arquitectura de la planta por aumento de la frecuencia de traumatismos en ramas y tronco, la copa presenta una forma asimétrica, siendo alargada sobre un eje coincidente con la dirección de los vientos predominantes. En los casos extremos, este proceso lleva a la formación de "árboles en forma de bandera", con la copa desarrollada sólo del lado protegido del viento.

Algunos ejemplares, principalmente de alerce, pueden germinar y sobrevivir en paredones y acantilados rocosos donde el suelo es muy escaso y la acción de la nieve y el viento parece ser muy limitante para el desarrollo. Los ejes de estos individuos están formados por hojas pequeñas muy imbricadas y las ramas son cortas, como si toda la estructura del individuo estuviera "envejecida". La acción combinada del viento y la nieve, provoca frecuentes traumatismos de los ejes de la planta, impidiendo el normal desarrollo del tronco y ocasionando el quiebre de las ramas, por lo que muchas de estas plantas, que pueden tener cientos de años, presentan un porte arbustivo, incluso achaparrado, cuya estructura principal está formada principalmente por ejes del tipo A2. Los ejemplares que crecen en estos ambientes desarrollan largas raíces que se extienden superficialmente siguiendo las hendiduras de la roca. A partir de estas raíces superficiales los ejemplares se pueden propagar vegetativamente y sobrevivir mediante el desarrollo de reiteraciones parciales y/o totales. Sobre los acantilados, pero en sitios relativamente más protegidos, algunas de plantas pueden formar un tronco erecto, que alcanza de 1 a 3m de altura y si el suelo es más desarrollado, la planta puede alcanzar una mayor altura y un mayor desarrollo de la copa, llegando incluso a desarrollar estructuras reproductivas viables.

Si bien la ocurrencia de incendios puede llevar a la muerte de los individuos, muchos árboles pueden sobrevivir mediante el desarrollo de reiteraciones parciales o totales diferidas, o a partir del desarrollo de rebrotes epicórmicos que se originan ya sea del tocón remanente o a partir de raíces superficiales. Estos rebrotes son muy vigorosos y rápidamente desarrollan estructuras reproductivas, aunque raramente alcanzan las dimensiones de la planta madre.

El ramoneo por fauna nativa o ganado exótico de ambas especies afecta los renovales de hasta 1,5m, así como las ramas bajas de individuos más altos. Sus efectos se traducen en un fuerte estímulo al desarrollo de reiteraciones parciales a partir de ramas basales, formando ejemplares muy deformados de copa corta y circular, constituidas por ramas que se disponen de forma horizontal, pero que emiten brotes verticales. El follaje de estos árboles es muy compacto y los ejes presentan características morfológicas muy similares entre sí. En el caso de que algún eje de la planta logre superar la altura del ganado es posible que se desarrolle normalmente expresando la secuencia de diferenciación del tronco.

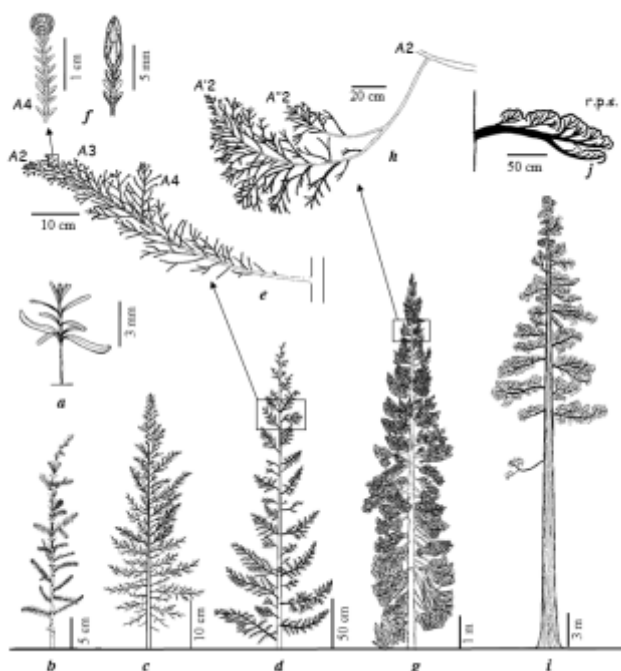


Figura 3: Secuencia de desarrollo del ciprés de las Guaitecas. (a) Plántula luego de la germinación, (b) plántula de dos años, (c) juvenil, (d) planta adulta, (e) detalle de rama femenina adulta, (f) árbol reiterado, (g) detalle de reiteraciones parciales secuenciales, (h) árbol viejo, (i) rama reiterada. (A2: rama principal, A3: rama secundaria, A4: rama corta, A'2: complejo reiterado parcial, r.p.s.: reiteración parcial secuencial, r.p.d.: reiteración parcial diferida) Autoría: J. Grosfeld

III. Propagación vegetativa

Los individuos de ambas especies pueden propagarse vegetativamente a partir del desarrollo de brotes originarios de yemas adventicias ubicadas en raíces superficiales o en la base del tronco de los árboles. En las turberas de *Sphagnum magellanicum* también se pueden desarrollar rebrotes vegetativos a partir de ramas inferiores del árbol que quedan cubiertas por este musgo. Las ramas que quedan enterradas pueden desarrollar raíces adventicias y pueden surgir uno o más brotes vegetativos que construyen un nuevo vástago vertical constituyendo reiteraciones totales por desdiferenciación. Las ramas no sólo dan origen a estos rebrotes vegetativos, sino que ellas mismas pueden formar un acodo, enderezarse y seguir creciendo como un eje vertical, formando reiteraciones totales.

Los rebrotes vegetativos desarrollan sus propias raíces adventicias y si bien se pueden separar de la planta madre, generalmente se observa que mantienen las conexiones con la misma. En estos rebrotes, la secuencia de diferenciación del árbol sucede de una forma más rápida que en los vástagos nacidos de la germinación por semilla. La ramificación se desarrolla muy rápidamente. Para las dos especies, este tipo de reiteraciones totales fructifican con una altura cercana al metro y a una edad de 10 a 20 años, aunque ocasionalmente llegan a alcanzar las dimensiones de la planta madre.

Discusión

El desarrollo de estas especies responde a una secuencia precisa y ordenada de eventos morfogénicos, que involucra cambios morfológicos durante la ontogenia y en el cual la organización de la planta se vuelve cada vez más compleja. Para ambas especies, a medida que la planta se desarrolla, se produce la construcción del tronco y el desarrollo de la ramificación secuencial, que caracterizan toda la etapa juvenil. La aparición de la sexualidad marca el momento en el que se expresa la arquitectura básica, funcional y morfológica, o sea la unidad arquitectural de cada una de las especies estudiadas, ya que en el desarrollo ulterior del árbol no aparece ninguna estructura morfológica cualitativamente nueva. La copa adulta y senescente se construye durante cientos de años mediante el proceso de reiteración parcial secuencial, que implica la duplicación de la estructura de las ramas.

El proceso de reiteración parcial secuencial permite una explotación efectiva del medio circundante, a partir de una estructura ya existente como las ramas, y añadiendo una mayor superficie fotosintética con la sola repetición de elementos estructurales ya presentes en la secuencia de diferenciación. Cuando la planta envejece, las ramas voluminosas se pueden quebrar y la estructura de la copa pierde unidad, quedando desestructurada. El desarrollo de reiteraciones diferidas en las etapas últimas de la secuencia de diferenciación del árbol, parece ser un proceso común en las especies leñosas, especialmente en las longevas como el alerce y el ciprés de las Guaitecas.

La arquitectura de estas especies es muy similar, por lo que muchas veces un observador no avisado puede confundirlas, ya que además de la estructura de los conos, la única diferencia al nivel de la unidad arquitectural es la filotaxis de los ejes, verticilada por tres en alerce y opuesta decusada en el ciprés de las Guaitecas. El análisis de la arquitectura de estas especies muestra que, en términos generales, los patrones de crecimiento y ramificación son muy parecidos entre sí y que difieren en algunas características morfológicas, principalmente la evolución de su filotaxis en los primeros años de vida, la tendencia a una mayor rectitud o curvatura de sus ramas principales, así como en la mayor expresión del proceso de reiteración parcial secuencial que se da en el alerce respecto del ciprés de las Guaitecas. Tampoco existen diferencias en la arquitectura elemental entre los individuos masculinos y femeninos de las dos especies a lo largo de su secuencia de desarrollo.

El proceso de reiteración traumática es importante para comprender la variación en la estructura de los árboles adultos. La ocurrencia de un traumatismo puede interrumpir el proceso de diferenciación secuencial de los ejes, imponiendo nuevas correlaciones tem-

porarias entre los ejes laterales cercanos al daño. El estadio arquitectural de la planta, la categoría de eje afectada, la posición relativa respecto del ápice y la recurrencia de eventos de traumatismos sobre el mismo eje son criterios de importancia para evaluar la influencia de un trauma en el devenir de la estructura del árbol. En consecuencia, los eventos de traumatismo pueden afectar ampliamente la forma final de la plantas, ya que puede inducir la formación de horquetas o de varios relevos, incluso en condiciones rigurosas, la alta frecuencia de traumatismos puede restringir fuertemente el desarrollo del tronco.

Las especies estudiadas pueden crecer en diferentes condiciones ambientales mostrando una gran plasticidad morfológica ante variaciones en la intensidad lumínica, en las condiciones edáficas o ante situaciones de estrés. Sin embargo, la secuencia arquitectural de desarrollo de las dos especies es cualitativamente muy estable cualesquiera sean las condiciones ecológicas en las que estas especies estén creciendo. Los factores ambientales regulan la secuencia de diferenciación determinando diferentes velocidades en la expresión de los gradientes morfogénicos induciendo un adelanto o un retraso en la aparición de las sucesivas fases arquitecturales y un mayor o menor desarrollo de las diferentes categorías de ejes. Esta modulación de la velocidad de expresión actúa sobre el funcionamiento y correlaciones endógenas entre los meristemas, que se traduce en modificaciones en la arquitectura y forma final de los árboles. Sin embargo, no influyen en la propia naturaleza de la secuencia de diferenciación, modulando su expresión sólo cuantitativamente, tal como fue observado en plantas tropicales o templadas.

El conocimiento de la arquitectura y la secuencia de diferenciación de las especies posibilita realizar un diagnóstico del estado de desarrollo de cada árbol a un momento determinado y comprender los factores endógenos y externos que determinan su forma. Además permite "reconstruir" la historia de cada individuo de un rodal, infiriendo de una manera detallada su dinámica forestal, aspecto fundamental a la hora de proponer alternativas de manejo.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por la Universidad Nacional del Comahue y el CONICET. A la Administración de Parques Nacionales por los permisos de muestreo, en especial a su cuerpo de guardaparques del Parque Nacional Nahuel Huapi y a la Delegación Regional Patagonia por el soporte logístico y técnico. A Marcelo Bari por la recopilación y procesamiento de los datos meteorológicos de Puerto Blest. Este trabajo no pudo haberse realizado sin la dirección del Dr. Daniel Barthelemy del CIRAD (Francia). A Javier Puntieri, Cecilia Brion y Marina Stecconi por la colaboración brindada en distintas etapas de este trabajo.

Bibliografía

Barthélémy, D. y Y. Caraglio. 2007. Plant architectural: a dynamic, multilevel and comprehensive approach to plant form, structure and ontogeny. *Annals of Botany* 99 (3): 375-407

Guédon, Y., D. Barthélémy, Y. Caraglio y E. Costes. 2001 Pattern analysis in branching and axillary flowering sequences. *Journal of Theoretical Biology* 212: 481-520.

Grosfeld, J. 2002 Análisis de la variabilidad morfológica y arquitectural de *Austrocedrus chilensis* (D. Don) Pic. Serm. et Bizzarri, *Fitzroya cupressoides* (Molina) I. M. Johnst., *Pilgerodendron uviferum* (D. Don) Florin y *Cupressus sempervirens* L. (Cupressaceae) Tesis doctoral, Universidad Nacional del Comahue, Bariloche, Argentina, 298 pp.

Hallé, F., R.A.A. Oldeman & P.B. Tomlinson. 1978. Tropical trees and forest. An architectural analysis. Springer, Berlin, Alemania, 441 pp.

Kitzberger, T., A. Perez, G. Iglesias, A. Premoli y T.T. Veblen. 2000. Distribución y estado de conservación del alerce (*Fitzroya cupressoides* (Mol.) Johnst.) en Argentina. *Bosque* 21 (1): 79-89.

Premoli, A., C. Souto, A. Lara y C. Donoso. 2004. Variación en *Fitzroya cupressoides* (Mol) Johnston (Alerce o Lahuán). En: Donoso, C., A. Premoli, L. Gallo & R. Ipinza (eds.) Variación intraespecífica en las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Ed. Universitaria, Santiago de Chile, 277-301.

Rovere, A., A. Premoli, J.C. Aravena y A. Lara. 2004. Variación en *Pilgerodendron uviferum* (Don) Florin (Ciprés de las Guaitecas) En: Donoso, C., A. Premoli, L. Gallo & R. Ipinza (eds.) Variación intraespecífica en las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Ed. Universitaria, Santiago de Chile, 253-274.

Línea de Investigación:

Trabajo en el CONICET y soy Director del Departamento de Botánica del CRUB. Especialista en arquitectura y movilización de plantas, específicamente de árboles de la Selva Valdiviana. En la actualidad coordino el área Forestal del Observatorio Socio-Ambiental del CCT-Patagonia Norte de CONICET.

Glosario

ACODO: rama de un tronco que se introduce en el suelo dejando el extremo superior en el exterior y se separa del tronco y conforma un individuo independiente.

AMENTO: inflorescencia comúnmente péndula, con flores inconspicuas, generalmente unisexuales.

COTILEDÓN: la o las primeras hojas de la planta ya preformadas en el embrión de las plantas con semilla.

DECUMBENTE: tallos no erguidos o inclinados.

DECURRENTE: parte de la lámina foliar que queda pegada al tallo.

DECUSADAS: hojas opuestas, dispuestas en cruz con las de los nudos vecinos.

EPICÓRMICO: brote que nace de yemas dormidas durante más de una estación.

ESCUAMIFORME: con forma de escama o parecido a ella.

FILOTAXIS: disposición de las hojas en el tallo

LIMBO: lámina de la hoja.

MERISTEMA: tejido cuyas células se pueden dividir activamente.

MONOPODIO: pie o soporte.

ONTOGENIA: desarrollo de un organismo, órgano, tejido o célula desde el comienzo hasta la madurez.

PALEOENDEMISMO: endemismo cuya presencia en el país se remonta a épocas geológicas antiguas. Una especie endémica es aquella que tiene una distribución restringida en una zona del planeta y no se encuentra en otro sitio.

TOCÓN: parte del tronco de un árbol que queda unida a la raíz cuando lo cortan por el pie.



Salud de aves carroñeras y su relación con la actividad humana

¹Vet. Pablo Ignacio Plaza, ²Vet. Guillermo Wiemeyer, ³Dr. Sergio. A. Lambertucci

¹Hospital Veterinario Fénix- Proyecto Red Fauna Silvestre - UNComa
plazapablo22@gmail.com

²Jardín Zoológico de la Ciudad de Buenos Aires; Peregrine Fund
gwiemeyer@gmail.com

³Laboratorio Ecotono,
(INIBIOMA CONICET UNComa)
slambertucci@comahue-conicet.gob.ar

Resumen

Las aves carroñeras realizan un servicio ecológico fundamental al eliminar carroñas del medio ambiente, las cuales constituyen un potencial terreno fértil para el desarrollo y transmisión de diversas enfermedades. Durante varios años hemos capturado ejemplares de Cóndor Andino, Jote de Cabeza Negra y Jote de Cabeza Colorada en establecimientos ganaderos lindantes a San Carlos de Bariloche. El objetivo de la captura es la realización de investigaciones sobre ecología del movimiento y estudios de salud que incluyen determinaciones toxicológicas, bacteriológicas y virológicas. Dentro de los estudios toxicológicos hemos detectado plomo en sangre para la totalidad de los individuos analizados en las tres especies. Muchos de estos valores sobrepasan el umbral tolerable (10 µg/dl). En el marco de los estudios bacteriológicos hemos identificado individuos con cultivos positivos a bacterias patológicas como *Salmonella* spp, así como positivos a *Chlamydophila psittaci*. No hemos detectado aun resultados positivos respecto a la exposición a virus de Influenza Aviar o virus del Nilo Occidental, aunque aún la cantidad de muestras analizadas es reducida. Nuestros resultados indican que el envenenamiento con plomo es una problemática relevante para las aves carroñeras en el área de Parque Nacional Nahuel Huapi, siendo muy probable que las municiones producto de actividades de caza sean la fuente del envenenamiento. Creemos que es necesario implementar normativas que regulen el uso de la munición de plomo dentro del Parque e incluso en sus alrededores para conservar estas especies y los servicios ecosistémicos que proveen.

Abstract

Vultures perform an important ecological service by removing carrion from the environment, which cultivates the development and transmission of several diseases. During several years, we have trapped Andean condors, Black vultures and Turkey vultures in farms from the surroundings of San Carlos de Bariloche city. The aim of these captures is to carry out investigations on the movement ecology and health of individuals which include toxicological, bacteriological and virological determinations. We have detected the presence of lead in the blood of all the specimens of the three species analyzed. Many of these values exceed the tolerable threshold (10 µg/dl) for their survival. We have identified specimens with a positive culture for pathological bacteria such as *Salmonella* spp, as well as *Chlamydophila psittaci*. We have not detected positive results respect to the exposure to the Influenza virus and the West Nile virus yet, but more samples are needed. Our results show that lead poisoning is a relevant problem for vultures in the area of Nahuel Huapi National Park, probably due to the ammunitions used for hunting. We believe that it is necessary to implement regulations to control the use of lead ammunitions inside the National Park and in its surroundings in order to conserve those species, and to maintain the ecological services they provide.



Contribución al Parque Nacional Nahuel Huapi

Las investigaciones que realizamos en aves carroñeras referidas tanto a su salud como a su movimiento, representan una contribución importante al Parque Nacional Nahuel Huapi, dado que permiten determinar y analizar los diferentes factores de riesgo que afectan a esta clase de aves. De esta manera se pueden diagramar y planificar estrategias de conservación basadas en evidencia científica, que tienen el potencial de ser más exitosas que aquellas medidas realizadas sin la misma.

Dado que estas aves se desplazan atravesando diferentes barreras políticas, los aspectos de conservación no deben estar localizados sólo en aéreas protegidas como el Parque Nacional, sino más bien abarcar otras jurisdicciones, de manera de generar estrategias en conjunto con los diferentes actores que involucran la conservación de estas especies (por ejemplo, las Delegaciones de Fauna provinciales).



Las aves carroñeras: rol ecológico y relación con la actividad humana

Las aves carroñeras se alimentan de animales muertos por diversas causas, incluso las producidas por microorganismos patógenos. De esta forma, al eliminar carroñas del medio ambiente, cumplen la importante función ecológica de interferir con el ciclo de propagación de numerosas enfermedades infecciosas, muchas de las cuales pueden resultar peligrosas para otros animales y para el ser humano. Debido a su longevidad y posición en la cadena alimenticia son muy sensibles a los cambios ambientales, jugando un rol destacado como indicadores de las alteraciones producidas por el ser humano. Estas aves habitan tanto ecosistemas prístinos como modificados por el hombre. Muchas veces el ambiente donde viven se solapa con sitios donde se desarrollan diversas actividades humanas, lo cual las expone a numerosos factores estresantes o de peligro que pueden afectar su supervivencia. Entre esos factores se destacan la contaminación ambiental, persecución, caza, envenenamientos (intencionales o accidentales), electrocuciones y el contacto con diversos microorganismos emergentes y re emergentes. En sitios donde se ha producido su declive poblacional, las carroñas permanecen mucho más tiempo en el terreno y ha habido un aumento de otras especies oportunistas

como ratas y perros ferales, que compiten por las mismas. Estas especies oportunistas son reservorios de numerosas enfermedades infecciosas como Leptospirosis o Rabia y en ausencia de estas aves pueden aumentar la transmisión de las mismas en todo el ecosistema.

Por lo tanto para mantener un ambiente saludable y equilibrado, resulta de suma importancia la conservación de estas aves.

Situación actual de las aves carroñeras en el mundo

En los últimos años, las poblaciones de aves carroñeras han sufrido impactos graves a consecuencia de las actividades humanas. Esto ha llevado a algunas especies a estar en riesgo de extinción, principalmente debido a los envenenamientos de distinto tipo y la persecución humana. Hoy en día se considera que son el grupo más amenazado de aves dado que el 61% de las mismas se encuentran en la lista roja de animales amenazados de la IUCN. Uno de los ejemplos más paradigmáticos que representa una tragedia ambiental es el del Cóndor californiano (*Gymnogyps californianus*), el cual estuvo al borde de la extinción llegando a una población total de sólo 22 individuos. Actualmente las poblaciones existentes han sido reintroducidas a

partir de individuos criados en cautiverio y continúan muy amenazadas principalmente a causa del envenenamiento con plomo. Por lo tanto, los esfuerzos para restablecer esta especie mediante proyectos de conservación basados en cría en cautiverio y un exhaustivo monitoreo de animales reintroducidos aún continúan. También es importante mencionar la declinación de tres especies de buitres en el subcontinente Indio, Buitre bengalí (*Gyps bengalensis*), Buitre pico fino (*Gyps tenuirostris*), Buitre indio (*Gyps indicus*) a causa de la intoxicación con Diclofenac. Este fármaco es comúnmente utilizado para tratamientos antiinflamatorios en ganado doméstico, pero causa una insuficiencia renal mortal en aves que consumen las carroñas de animales tratados. La sensibilidad de estas poblaciones a envenenamientos obedece a que ingieren animales muertos o descartes de los mismos, sumado a que son longevos y por lo tanto vulnerables a la acumulación de sustancias (bioacumulación). Además sus hábitos de forrajeo gregarios permiten que una sola carroña envenenada puede generar la intoxicación de numerosos individuos. Podemos concluir entonces, que las poblaciones de aves carroñeras están declinando a nivel global por diversas causas asociadas a actividades humanas. En este sentido muchos países están tomando conciencia de la importancia de conservarlas y están realizando esfuerzos para evitar su disminución mediante proyectos conservación. En estos proyectos una parte importante está representada por los monitoreos de salud de estas aves. Además se está avanzando en la implementación de numerosas normativas que limitan y prohíben el uso de medicamentos potencialmente tóxicos para aves en el ganado, así como también el empleo de municiones de plomo en actividades de caza.

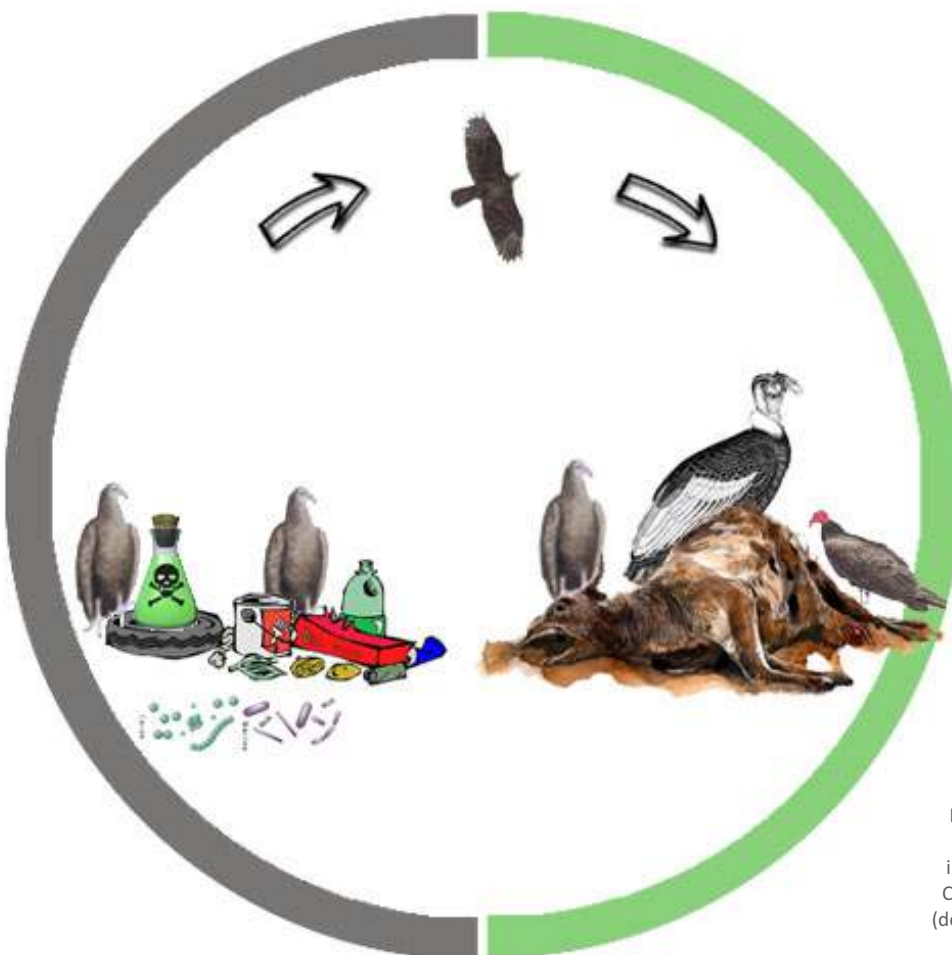


Figura 1: Jotes de Cabeza Negra alimentándose en vertederos de residuos (izquierda) y posterior interacción con el Cóndor Andino y Jote de Cabeza Colorado en carroñas en sitios menos antropizados (derecha). Estos hábitos de forrajeo pueden generar un flujo de agentes patógenos entre los dos tipos de ambientes.

Problemática de las carroñeras en el Noroeste de la Patagonia Argentina

Las problemáticas que afectan a las aves carroñeras en el Noroeste de la Patagonia no son muy diferentes a las mencionadas a nivel mundial, principalmente debido a que estos ambientes están modificados por la presencia del ser humano y sus actividades. Si bien en el área del Parque Nacional Nahuel Huapi estas aves encuentran áreas prístinas y se encuentran protegidas de factores de amenaza, circundando el mismo se encuentran ejidos urbanos importantes como San Carlos de Bariloche y Villa la Angostura. Además también hay explotaciones ganaderas principalmente dedicadas a la cría extensiva de ovinos y bovinos, donde los niveles de protección de estas especies son menores. También en esta zona de la Patagonia se desarrollan en determinadas épocas del año actividades turísticas, así como también caza deportiva y pesca. Por lo tanto se observa la presencia de numerosos factores de peligro como la posibilidad de envenenamientos, electrocuciones, contacto con microorganismos, persecución y caza.

En el Noroeste de la Patagonia Argentina se encuentran las siguientes especies de aves carroñeras obligadas: Cóndor Andino (*Vultur gryphus*), Jote de Cabeza Negra (*Coragyps atratus*) y Jote de Cabeza Colorada (*Cathartes aura*), todos pertenecientes a la familia Cathartidae. El primero y segundo son residentes locales, mientras que el último es una especie migradora. Es importante destacar que el Cóndor Andino, debido a las distancias que recorre diariamente atraviesa varias jurisdicciones, siendo esto último muy relevante para su conservación, de manera que si bien en el Parque Nacional está protegido no sucede lo mismo al desplazarse hacia a otros sitios. Lo mismo sucede con el jote cabeza colorada al momento de su migración. Se alimentan de carroñas de animales, en especial ganado doméstico (oveja, vaca) y especies silvestres introducidas por el ser humano (ciervo colorado, jabalí, liebre). De las tres especies mencionadas, el Jote de Cabeza Negra es el único que se encuentra en grandes cantidades en ambientes antropizados del centro y sur de la Patagonia Argentina, incluso alimentándose, mientras el Jote de Cabeza Colorada lo hace en menor grado y el Cóndor Andino no suele frecuentar estos sitios.

El Jote de Cabeza Colorada solo está presente en primavera-verano ya que en otoño -invierno migra hacia el norte (Bolivia, Brasil, Perú). Esta migración puede facilitar la adquisición y traslado de agentes patógenos como virus y bacterias, de un lugar de residencia a otro, atravesando diversas barreras políticas y geográficas. El Jote de Cabeza Negra debido a sus hábitos de forrajeo en sitios con alto impacto antrópico, en especial en vertederos de residuos, puede también ser responsable de adquirir y transportar determinados patógenos. A posteriori estos pueden ser transmitidos hacia su misma y otras especies como el Cóndor Andino y el Jote de Cabeza Colorada cuando interactúa en ambientes menos antropizados (Fig. 1).

Sin embargo resulta importante destacar dada su gravedad e importancia, que las tres especies están siendo afectadas por diferentes tóxicos como órgano clorados y metales pesados como lo demuestran estudios científicos publicados en la zona. Dentro de los envenenamientos por metales pesados sobresale el producido por plomo dado que es muy común. La fuente principal de plomo en el caso de los carroñeros de la Patagonia Argentina pareciera ser la ingestión de municiones que contaminan las carroñas producto de actividades de caza. (Fig. 2 y 4).

El envenenamiento por plomo afecta al organismo en su conjunto, pero el efecto agudo y letal se relaciona con su influencia sobre el riñón, sistema nervioso central y el tracto digestivo. En cuadros de exposición crónica o sub letal se producen también otras alteraciones inicialmente menos graves, pero con efecto a mediano y largo plazo, como alteraciones en los glóbulos rojos que llevan a la destrucción de los mismos y por lo tanto a la producción de anemias. Además produce inmunosupresión, descensos de la fertilidad y alteraciones del comportamiento. Por otro lado, al estar presente en la sangre se acumula en tejidos como el hueso y plumas. La acumulación en el hueso es preocupante ya que aves que tienen niveles de plomo bajos cuando se muestrea en la sangre, pueden volver a contaminarse al re circular el pool proveniente de hueso, produciéndose de esta forma alteraciones en el organismo. Las plumas en cambio sólo acumulan el plomo mientras van creciendo y por ello resultan útiles como muestras no invasivas para determinar los niveles acumulados.

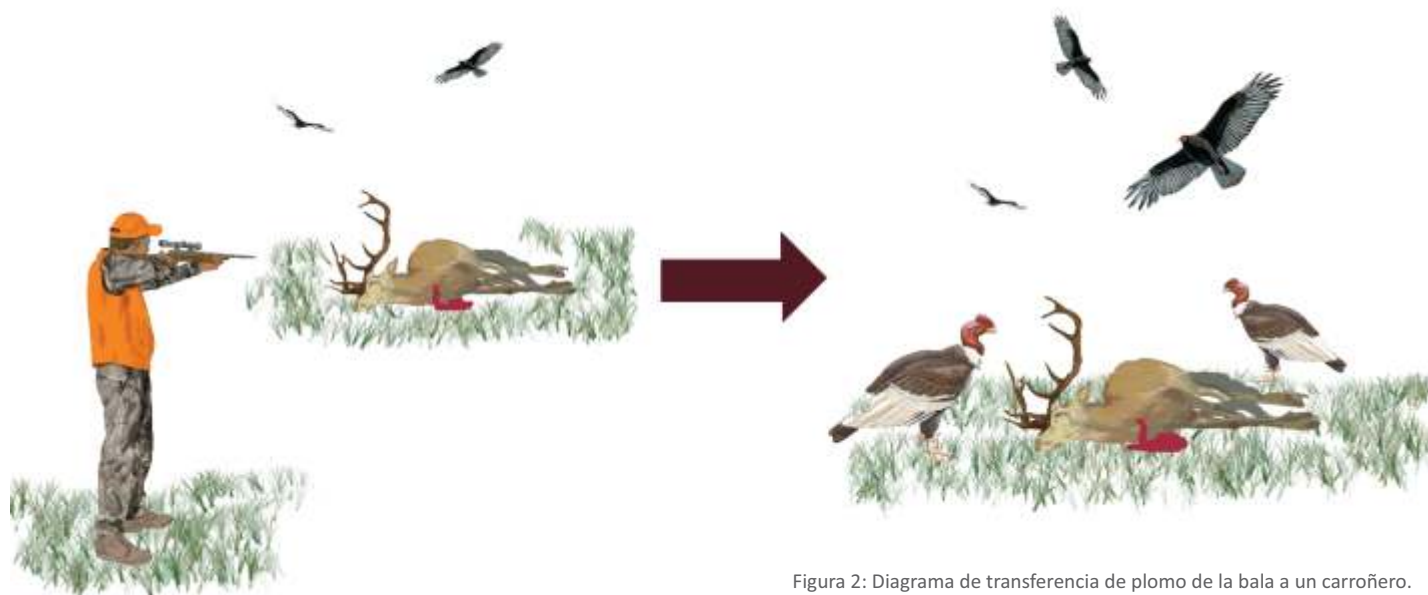


Figura 2: Diagrama de transferencia de plomo de la bala a un carroñero. El cazador deja en un animal muerto restos de municiones de plomo. Las aves carroñeras ingieren estos restos animales, produciéndose de esta forma la ingestión no intencional de las municiones y el posterior envenenamiento.

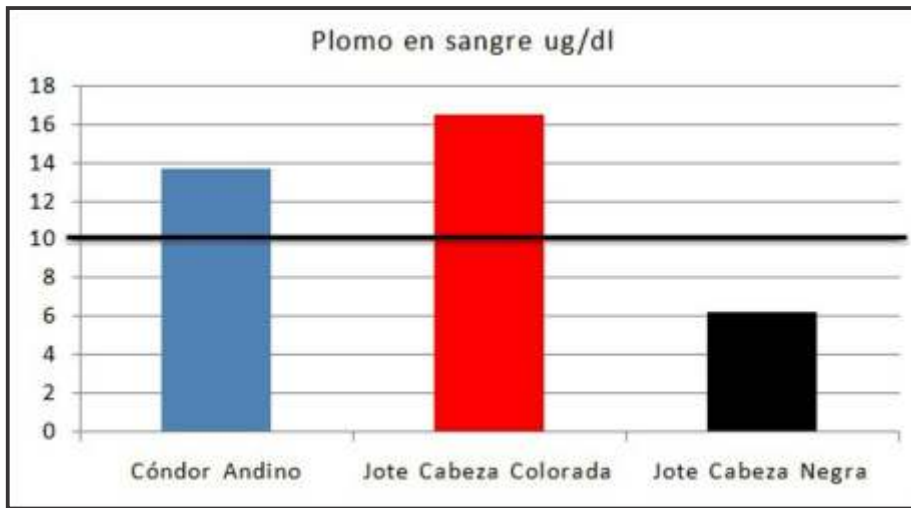


Figura 3: Valores promedio de de plomo en sangre en ug/dl para las tres especies de estudio. La línea negra marca el valor umbral a partir del cual comienzan a aparecer efectos en la fisiología normal del individuo.

venenamientos sub clínicos y clínicos, posiblemente a partir de la misma fuente.

Aislamientos Bacterianos

Dentro de los aislamientos bacterianos más destacados, hemos encontrado individuos con desarrollo de bacterias patógenas en cultivos de oro faringe y cloaca. Como ejemplo se puede mencionar un ejemplar que desarrolló *Salmonella* spp en un cultivo cloacal. Esta bacteria puede producir en aves una enfermedad diarreica aguda, con anorexia, decaimiento y muerte, además su transmisión por medio del huevo puede afectar a los pichones luego de nacer. También puede transmitirse al ser humano siendo una enfermedad zoonótica importante (enfermedad que se transmite de animales al hombre). Es interesante mencionar que muchas veces las aves que están infectadas con esta bacteria no muestran alteraciones evidentes en su salud pero pueden actuar como reservorios de las mismas y transmitir las a otros animales. Por otro lado, hemos detectado la presencia en algunos ejemplares del agente causal de la psitacosis (*Chlamydochlamydia psittaci*). Este microorganismo puede afectar a numerosas especies de animales y en ocasiones al ser humano, causando enfermedad respiratoria grave e incluso la muerte.

Detecciones Virales

Muestrear estas especies además puede ayudar a detectar presencia de virus como el de Influenza y el del Virus del Nilo Occidental que son muy importantes por su posible implicancia para los seres humanos. Por ello numerosas muestras obtenidas están siendo procesadas en laboratorio para posteriormente compararlas con las obtenidas en otras especies a lo largo de todo el continente.

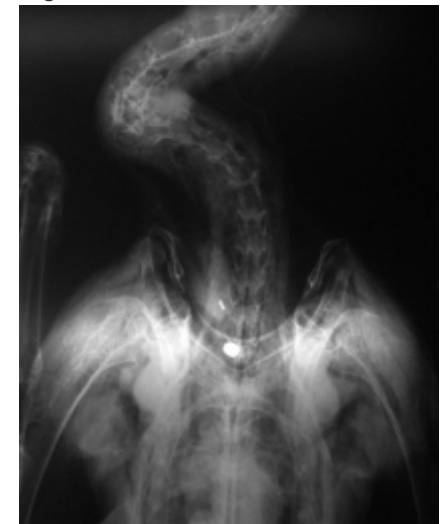


Figura 4: Perdigón de plomo en tracto digestivo (buche) de Cónдор Andino, posiblemente ingerido accidentalmente en un animal muerto por actividades de caza.

¿Cómo estudiamos estas aves?

Los estudios de salud en aves carroñeras en estado silvestre tienen como finalidad la conformación de un perfil sanitario en individuos que aparentan estar saludables. Son importantes ya que permiten realizar un diagnóstico precoz de determinados factores ocultos que pueden comprometer la salud de las poblaciones y por lo tanto su supervivencia. El propósito de su realización es la recolección de evidencia objetiva, para identificar las principales problemáticas y posteriormente sustentar la toma de decisiones que permita mitigar el efecto negativo de las mismas. Estos estudios combinan análisis toxicológicos, serológicos, bioquímicos, bacteriológicos, virológicos junto con estudios ecológicos. Dado el carácter específico pero a la vez abarcativo de los mismos, es recomendable que se lleven a cabo por medio de equipos interdisciplinarios. Durante los últimos años hemos capturado individuos de las tres especies mencionadas en establecimientos ganaderos lindantes a San Carlos de Bariloche. Para atraparlos utilizamos carroñas que atraen a las aves a las trampas. Una vez realizada la captura de los ejemplares, se procede a la inmovilización y a la toma de muestras. La primera instancia consta de un examen clínico completo a cargo de veterinarios, donde se registra el peso y se examina clínicamente. Una vez terminado el mismo se procede al muestreo de sangre, virológico y bacteriológico. El muestreo de sangre se realiza mediante la extracción de venas periféricas (vena cubital) en cantidad que nunca supera el 1% del peso corporal. A posteriori de los muestreos de sangre se realizan hisopados en oro faringe y cloaca para hacer cultivo de bacterias. Por otro lado se realizan hisopados de conjuntiva y cloaca para evaluar presencia del agente causal de la psitacosis (*Chlamydochlamydia psittaci*) y de Influenza Aviar, mediante técnicas moleculares. Todas las capturas se realizan también con el objetivo de marcar a los individuos para estudiar sus movimientos, por lo tanto luego de los muestreos veterinarios se toman mediciones morfológicas, se colo-

can transmisores de GPS, o bandas alares, junto con un microchip identificatorio para cada individuo (Trovan Ltd.) para finalmente liberar al animal.

Resultados e interpretación de los estudios de salud

Plomo en sangre

El valor umbral tolerable de plomo en sangre por sobre el cual aparecen consecuencias en la fisiología normal de las aves es de 10 $\mu\text{g}/\text{dl}$. A partir de este valor comienzan a producirse alteraciones como por ejemplo anemias y formación de productos dañinos para las células del organismo. Sin embargo, estudios recientes demuestran que el valor de 10 $\mu\text{g}/\text{dl}$ debería ser revisado, ya que en algunas especies de aves con valores menores de plomo en sangre se observan problemas de salud (ej. Inhibición de diversos sistemas enzimáticos, la generación de radicales libres y el compromiso de la integridad celular). En nuestros estudios hemos detectado plomo en sangre para el 100% de los individuos analizados de las tres especies. Los Jotes de Cabeza Colorada han obtenido el mayor valor promedio de plomo en sangre con el 50% de los individuos ubicados por sobre el nivel aceptable. Los ejemplares analizados de Cónдор Andino presentaron un promedio algo menor pero también con el 50% de los ejemplares mostrando valores sobre el umbral tolerable. Por último, los Jotes de Cabeza Negra resultaron la única especie con valores promedio por debajo del límite tolerable, no obstante un 15% de los individuos superó este valor (Fig. 3).

Estudios anteriores realizados en la Patagonia Argentina mediante un muestreo no invasivo de plumas de Cónдор Andino, demostraron también individuos con niveles de plomo sobre lo normal. La caracterización isotópica del plomo hallado en ese estudio resultó compatible con municiones utilizadas para actividades de caza. Nuestros resultados de plomo en sangre ponen de manifiesto que las aves carroñeras de la zona están padeciendo en-

Consideraciones finales

Dada la declinación que están sufriendo las aves carroñeras a nivel mundial y el valioso servicio ecológico que prestan, creemos necesario implementar y reforzar medidas que apoyen su conservación tanto en el Parque Nacional Nahuel Huapi como en sus alrededores.

Nuestros resultados muestran que una problemática relevante que están padeciendo las aves carroñeras de la zona es el envenenamiento con plomo, cuya fuente proveniría principalmente de las municiones producto de prácticas de caza. Esta situación puede tener severas consecuencias a largo plazo sobre la salud y supervivencia de las mismas.

La caza deportiva es muy común en la zona, incluso en establecimientos dentro del Parque Nacional, realizándose principalmente sobre animales como el ciervo colorado, jabalí, y recientemente la liebre. También aunque en menor medida, se suma la caza de otros animales que son perseguidos para evitar ataques al ganado doméstico, como por ejemplo zorros y pumas. En general los cazadores sólo toman parte de su presa como trofeo y el resto permanece en el ambiente. También dejan algunos animales heridos que luego mueren en sitios distantes. Una vez en el ambiente, las carroñas contaminadas producto de esta actividad, son ingeridas por numerosos individuos provocando efectos negativos (Fig. 2).

Numerosas normativas en diferentes partes del mundo como por ejemplo Dinamarca y el estado de California en U.S.A, han prohibido el uso y el comercio de las municiones tradicionales de plomo. Para ello se ha reemplazado a las mismas por munición compuesta por otros metales (ej. acero) con menor grado de toxicidad para el medio ambiente. Creemos que es necesario avanzar en este sentido, hacia medidas que regulen el uso y comercialización de las municiones tradicionales para actividades de caza tanto dentro como fuera del Parque Nacional. Esto podría realizarse mediante acuerdos institucionales y trabajando en conjunto con las delegaciones de fauna de las provincias circundantes. Seguramente se requiera de una estrategia de cambio progresiva, como por ejemplo empezar con la reducción de tarifas en los cotos a cazadores que no utilicen municiones de plomo. Si bien puede ser un proceso lento, la evidencia acumulada indica que urge comenzar este cambio y el Parque Nacional debería ser pionero en esta acción de conservación.

Referencias bibliográficas

- Barbar, F; Werenkraut, V; Morales, J. M; Lambertucci, S. A. (2015). Emerging Ecosystems Change the Spatial Distribution of Top Carnivores Even in Poorly Populated Areas. PLOS ONE 10(3) e0118851.
- Behmke, S; Fallon, J; Duerr, A. E; Lehner, A; Buchweitz, J; Katzner, T. (2014). Chronic lead exposure is epidemic in obligate scavenger populations in eastern North America. Environment International. 79: 51-55.
- Bildstein, K.L y Bird, D. (2007). Raptor research and management techniques. Raptor Research Foundation. Washington D.C. 193-221
- Calvert, A. M; Bishop, C. A; Elliot, R. D; Krebs, E. A; Kydd, T. M; Machtans, C. S; Robertson, G. J. (2013). A synthesis of human-related avian mortality in Canada. Avian Conservation & Ecology. 8: 11
- Carrete, M; Serrano, D; Illera, J. C; López, G; Vogeli, M; Delgado, A; Tella, J. L. (2009). Goats, birds, and emergent diseases: apparent and hidden effects of exotic species in an island environment. Ecological Applications. 19: 840-853.
- Espín, S; Martínez- López, Jiménez, P; Mojica, P. M; García-Fernández, J. A. (2014). Delta-aminolevulinic acid dehydratase (δ ALAD) activity in four free-living birds species exposed to different levels of lead under natural conditions. Environmental Research 137: 185-198.
- Espín, S; Martínez- López, Jiménez, P; Mojica, P. M; García-Fernández, J. A. (2014). Effects of heavy metal on biomarkers for oxidative stress in Griffon vulture (*Gyps fulvus*). Environmental Research. 129: 59-68.
- Espín, S; Martínez- López, E; León Ortega, M; Martínez, J. E; García-Fernández, J.A. (2014). Oxidative stress biomarkers in eurasian Eagle owls (*Bubo bubo*) in three different scenarios of heavy metal exposure. Environmental Research 132: 134-144.
- Fergusson-Lees, J y Christie, D.A. (2001). Raptors of the World. Helm identification guides, London. 305-316
- Finkelstein, M. E; Brandt, J; Sandhaus, E; Grantham, J. A; Schuppert, P. J; Smith, D. R. (2015). Lead Exposure Risk from Trash Ingestion by the Endangered California Condor (*Gymnogyps californianus*). Journal of Wildlife Diseases – in press. DOI: 10.7589/2014-10-253
- Furness, R.W. (1993). Birds as monitors of pollutants. Birds as monitor of environmental change. Chapman and Hall. London, UK. 86-143.
- Green, R. E; Newton, I; Shultz, S; Cunnihams, M; Gilbert, M; Pain, D; Prakash, V. (2004). Diclofenac poisoning as a cause of vulture population declines across the Indian subcontinent. Journal of Applied Ecology 41:793-800
- Harrison, G; Harrison, L; Ritchie, B. (1994). Avian medicine principles and application. Wingers publishing inc.
- Harrison, G y Lightfoot.T. (2006). Clinical Avian Medicine Volume I (Pet Species) & II (Captive Special Species). Harrison books.
- Lambertucci, S. A; Trejo, A; Di Martino, S; Sánchez Zapata, J. A; Donázar, J. A; Hiraldo, F. (2009). Spatial and temporal patterns in the diet of the Andean condor: ecological replacement of native fauna by exotic species. Animal Conservation 12: 338-345.
- Lambertucci, S. A; Alarcón, P. A. E; Hiraldo, F, Sanchez-Zapata, J. A; Blanco, G; Donázar, J. A (2014). Apex scavenger movements call for transboundary conservation policies. Biological Conservation. 170: 145-150
- Lambertucci, S.A, Donázar, J.A, Huertas, A.D, Jiménez, B, Sáez, M, Sanchez-Zapata, J.A, Hiraldo, F. (2011). Widening the problem of lead poisoning to a South-American top scavenger: Lead concentrations in feathers of wild Andean condors. Biological Conservation 144:1464-1471.
- Loss, S. R; Will, T y Marra, P. P. (2012). Direct human-caused mortality of birds: improving quantification of magnitude and assessment of population impact. Frontiers in Ecology and the Environment 10: 357-364.

Martínez-López, E; Espín, S; Barbar, F; Lambertucci, S. A; Gómez-Ramírez, P; García-Fernández, A. J. (2015). Contaminants in the southern tip of South America: analysis of organochlorine compounds in feathers of avian scavengers from Argentinean Patagonia. *Ecology and environmental safety*. 115: 83-92.

Ogada, D. L; Keesing, F y Virani, M. Z. (2011). Dropping dead: causes and consequences of vulture population declines worldwide. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1249: 57-71

O Neal Campbell, M. (2014). The impact of urbanization and agricultural development on vultures in Salvador. *Vulture News*. 66: 16-28.

Reed, K. R, Meece, J. K; Henkel, J. S; Shukla, K. S. (2003). Birds, migration and emerging zoonoses: West Nile virus, lyme disease, influenza A and enteropathogens. *Clinical medicine & Research* 1: 5-12.

Samour, J. (2008). *Avian Medicine*. Ed Mosby Elsevier.

Speziale, K. L; Lambertucci, S. A; Olsson, O. (2008). Disturbance from road negatively affects Andean condor habitat use. *Biological Conservation*. 141: 1765-1772.

Glosario

Anemia: Disminución del número de glóbulos rojos en la sangre

Anorexia: Disminución o pérdida del apetito

Caracterización isotópica: Técnica utilizada para determinar el origen de determinadas sustancias ej. Metales

Chlamydophila psittaci: Agente etiológico de la Psitacosis, enfermedad respiratoria grave que puede ser padecida por aves e incluso ser humano.

Cloaca: Tramo Final de aparato digestivo de las aves

Enfermedades zoonóticas: Enfermedades que pueden ser transmitidas de los animales al ser humano

Leptospirosis: Enfermedad infecciosa y zoonótica que afecta a varias especies de animales y puede afectar también al ser humano

Oro faringe: Parte proximal del aparato digestivo de las aves, ubicada a continuación de la cavidad bucal.

Rabia: Enfermedad infecciosa mortal y zoonótica que afecta a varias especies de animales y puede afectar al ser humano

Radicales libres: Especies reactivas de oxígeno, que pueden producir daño en las células del organismo

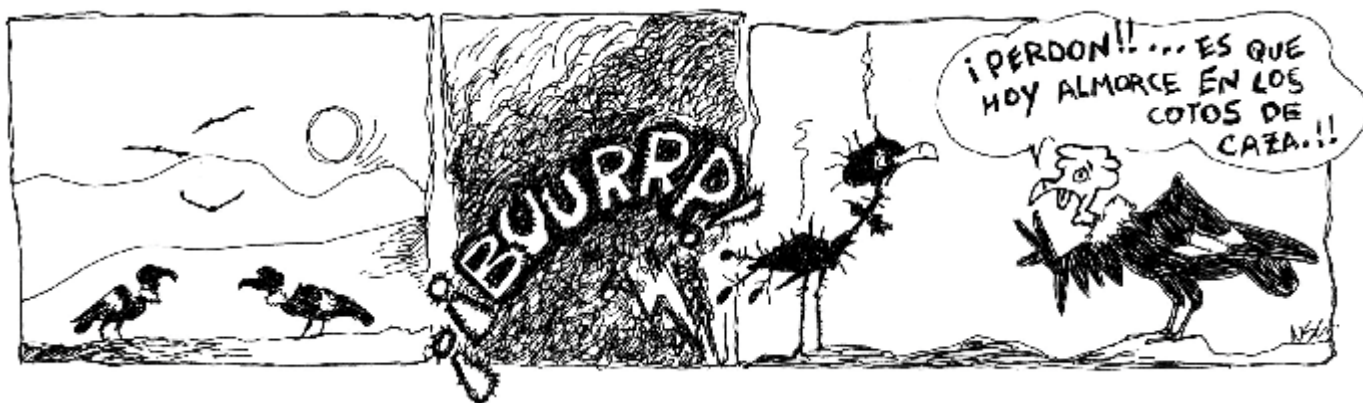
Salmonella: Bacteria zoonótica que produce enfermedad diarreica en aves e incluso ser humano



Línea Investigación

La línea de investigación en biología de la conservación que lleva adelante el equipo del Dr. Lambertucci aborda temáticas cómo la ecología del movimiento y los determinantes internos y externos del mismo, entre otras. Las actividades principales de estos estudios son el monitoreo de ejemplares de aves, en particular aves rapaces, a partir de la colocación de GPS y el estudio de la relación entre los patrones de movimiento y el estado de salud de los individuos.

MACROSCOMICS



Analizando el pasado para entender el futuro

Virginia Iglesias¹, Cathy Whitlock², María Martha Bianchi³, Valeria Outes⁴ y Gustavo Villarosa⁵

¹Maison des Sciences de l'Homme et de l'Environnement, Université de Franche-Comté, Besançon, Francia; virginia.iglesias@msu.montana.edu

²Montana Institute on Ecosystems, MSU, Bozeman, Montana, Estados Unidos; whitlock@montana.edu

³Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano, MACN, Buenos Aires, Argentina; mariamarthabianchi@gmail.com

^{4,5}INIBIOMA - CONICET-UNComa, Bariloche, Argentina; valeria.outes@gmail.com, villarosa@comahue-conicet.gob.ar

Resumen

El clima se encuentra en permanente estado de cambio. A través del análisis de registros geológicos es posible inferir la magnitud de dichos cambios y sus consecuencias ambientales. La información sobre la dinámica clima-vegetación del pasado provee un marco de referencia para evaluar la respuesta de los ecosistemas modernos al reciente cambio climático y el uso del suelo. Quince años de estudio de registros de sedimentos lacustres nos han permitido reconstruir las tendencias del clima, los incendios y la vegetación, e identificar eventos volcánicos en el noroeste de la Patagonia. El análisis de sedimentos de la laguna Huala Hué revela que, hace 20.000 años, grandes glaciares cubrían los Andes y extensas estepas dominaban los fríos, secos y ventosos ecosistemas. Aumentos en la temperatura fomentaron un pronunciado retroceso glaciar que dio origen a numerosos lagos hasta culminar, hace aproximadamente 10.000 años, con el establecimiento de matorrales en ambientes previamente cubiertos por hielo. Los bosques mixtos de *Nothofagus* sp. y *Austrocedrus chilensis* se expandieron 5.000 años atrás, cuando condiciones más húmedas favorecieron la regeneración de árboles. Hace 3.500 años, los pobladores originarios se establecieron en la zona. Si bien es posible que hayan quemado algunos matorrales ubicados al este del Parque Nacional Nahuel Huapi para facilitar la caza, su impacto sobre los bosques fue insignificante. La relación hombre-naturaleza cambió dramáticamente con la inmigración europea. La mayor ocurrencia de incendios y a la introducción de especies exóticas como *Pinus* sp. (pinos) han alterado las dinámicas del ecosistema y favorecieron la invasión de los bosques por matorrales. Si esta invasión continúa, la supervivencia de especies endémicas y de bosques nativos se verá amenazada.

Abstract

Climate is always changing. Analysis of geological records allows us to understand the magnitude of those changes and their environmental consequences. Understanding of past climate-vegetation dynamics provides a framework for assessing the response of modern ecosystems to current climate change and land use. Our research over the last 15 years draws on the information preserved in lake sediments to reconstruct past trends in climate, vegetation, fire and volcanism in northwestern Patagonia. Analyses of sediment cores from Huala Hué lake suggest that large glaciers covered the Andes 20,000 years ago and a vast steppe dominated cold, dry and windy ecosystems outside the ice margin. Increasing temperatures led to glacier retreat, which created numerous lakes, and ultimately led to the establishment of shrubland by 10,000 years ago. Mixed *Nothofagus* sp.-*Austrocedrus chilensis* forests were widespread by 5,000 years BP, when more humid conditions favored the regeneration of trees. Approximately 3,500 years ago, aboriginal populations settled in the area. Although it is possible that they used fire to facilitate their hunting practices in shrublands located east of Nahuel Huapi National Park, their impact on forests was negligible. The human-nature relationship changed dramatically after the arrival of Europeans. More frequent burning and the introduction of exotic species such as *Pinus* sp. (pine) have altered ecosystem dynamics and favored the expansion of shrublands into forests. If this expansion continues, the survival of endemic species and native forests will be likely threatened.



Contribución al Parque Nacional Nahuel Huapi

Este estudio contribuye al conocimiento de la historia ambiental del Parque Nacional Nahuel Huapi desde la última glaciación (hace 20.000 años). La historia de la dinámica de los ecosistemas patagónicos en respuesta a cambios en el clima y en el régimen de disturbios provee información sobre la variabilidad natural de dichos ecosistemas en el pasado y un contexto para comprender la magnitud y dirección de los cambios ambientales proyectados para el futuro.



Introducción

El clima está cambiando rápidamente. Es muy probable que, en décadas venideras, la acidificación de los océanos y las altas temperaturas globales, así como las frecuentes sequías e inundaciones dejen marcas profundas en los ecosistemas tal como hoy los conocemos. El debate actual no está enfocado en identificar las causas de este cambio (sabemos que se debe principalmente a las altas emisiones de gases invernadero producidas desde la revolución industrial), sino a delinear e implementar políticas económico-ambientales que nos permitan mitigar sus consecuencias. Un clima más seco como el anticipado para la región norte de la Patagonia traerá aparejados cambios en la composición y distribución de bosques, matorrales y estepas y, por ende, un nuevo régimen de incendios, posibles extinciones, variaciones en la distribución y cantidad de suelos fértiles, crisis hídricas y grandes impactos en la cadena trófica y en la fisonomía de los paisajes.

Sumado a estas predicciones, no podemos descartar la posibilidad de que el clima se vea también influido por erupciones volcánicas explosivas originadas en nuestra región, como lo ejemplifica la erupción de 1815 del volcán Tambora, en Indonesia. A ese año se lo conoce como el año sin verano ya que la erupción coincidió con un período de baja actividad magnética del Sol. El enorme volumen de ceniza volcánica liberada a la atmósfera disminuyó la ya baja cantidad de luz solar que alcanzó la Tierra, provocando un enfriamiento de entre 0,4 y 0,7°C en el Hemisferio Norte. De forma similar, la ceniza proveniente de la erupción del Cordón Caulle, en 2011, circunnavegó la Tierra y su presencia en niveles altos de la atmósfera actuó como amortiguador del calentamiento global, disminuyendo, aunque transitoriamente, la cantidad de radiación solar que alcanzó la Tierra.

Además del clima, existen factores de disturbio que modifican los ecosistemas como los que encontramos en el Parque Nacional Nahuel Huapi, donde a las dinámicas naturales se suman las interacciones con los seres humanos. Así, factores de disturbio de origen natural o antrópico, como las erupciones volcánicas, grandes sismos o los incendios, cobran especial importancia al momento de evaluar los cambios en la dinámica natural. Por ejemplo, la caída de materiales volcánicos a partir de erupciones explosivas origina depósitos de tefra que pueden afectar grandes extensiones de terreno. Si bien las caídas de tefra contribuyen a la generación de suelos fértiles en la región (llamados andisoles), en muchos casos, provocan pérdidas de masa boscosa en ambientes próximos al foco eruptivo, con ejemplares vegetales muertos por efecto de la emisión de gases, pérdida del follaje y modificaciones en la infiltración de agua en el suelo. Fenómenos de este tipo se han registrado a partir de las erupciones ocurridas en años

recientes, así como durante el siglo XX (Tabla 1). Las consecuencias del cambio ambiental, por lo tanto, no son —ni serán— sólo ecológicas y estéticas sino también económicas, sociales y culturales. Frente a los cambios anticipados para el futuro, surgen varias preguntas que debemos responder para facilitar la toma de decisiones y la gestión de riesgos en la región.

¿Cómo sabemos que el clima está cambiando?

La forma más directa de evaluar el comportamiento del clima es a través del análisis de registros meteorológicos instrumentales. Si bien estos registros nos permiten conocer con exactitud las tendencias en temperatura y precipitación a través del tiempo, presentan la limitante de ser escasos y recientes ya que, en el mejor de los casos, datan de principios del siglo XX. Una mayor cobertura espacial y temporal puede obtenerse del estudio de registros geológicos, químicos y biológicos. Estos estudios se basan en la premisa de que todo proceso deja huellas y, a través del análisis de dichas huellas, es posible reconstruir las condiciones que las originaron. Por ejemplo, el crecimiento de muchos árboles depende de la cantidad de lluvia que reciben durante la estación de crecimiento (primavera-verano). Por lo tanto, años húmedos promueven su crecimiento y años secos lo restringen. Así, al medir cambios anuales en el espesor del tronco, es posible inferir variaciones en precipita-

ción a través de los siglos. Otra ventaja de los registros geo-biológicos es que, además de ampliar nuestro conocimiento sobre las condiciones climáticas del pasado, nos permiten inferir la dinámica de diferentes ecosistemas, incluyendo cambios en la composición de la vegetación y de las comunidades acuáticas, la ocurrencia de incendios, brotes de insectos y erupciones volcánicas ocurridas hace miles y hasta millones de años. De esta forma, podemos identificar los efectos de los cambios climáticos ocurridos en el pasado y, en base a esto, anticipar las posibles respuestas ambientales al presente y futuro cambio ambiental.

Quince años de estudio nos han permitido reconstruir las tendencias del clima, la vegetación, el régimen de incendios y el vulcanismo en la Patagonia durante los últimos 20.000 años. Al enfocarnos en relaciones naturales que han evolucionado durante milenios, podemos establecer un marco de referencia y evaluar el modo en que los ecosistemas modernos han sido afectados por el reciente cambio climático y uso del suelo. Para ello, utilizamos sedimentos acumulados en el fondo de lagos, mallines y turberas. Dichos ambientes son excelentes archivos de información paleoambiental porque, año tras año, coleccionan, entierran y preservan de manera ordenada los granos de polen de la vegetación local y el carbón proveniente de incendios, así como también cenizas volcánicas y restos de insectos presentes en los ecosistemas en diferentes momentos del pasado (Figura 1).



Figura 1: Trabajo de campo y de laboratorio.

Arriba: Extracción de testigos de sedimento lacustre desde una plataforma flotante (izquierda) e inspección visual del sedimento (derecha). Abajo: Grano de polen (izquierda) y partícula de carbón (derecha) extraídos del sedimento y utilizados en la reconstrucción de la vegetación y régimen de incendios del pasado.

¿Qué hemos aprendido?

El Sol es la principal fuente de energía de la Tierra. Cambios en la distancia y el ángulo de incidencia entre un punto en la superficie terrestre y el Sol, tales como los que experimentamos entre el día y la noche y entre el invierno y el verano, se reflejan en variaciones en temperatura y humedad. A través de los milenios, dicha distancia se ve modificada, no sólo por los movimientos de rotación y traslación de la Tierra, sino también por cambios en la forma de la órbita terrestre y en el ángulo formado entre el eje de la Tierra y su órbita. Existe consenso en la comunidad científica en que debido a las variaciones en la cantidad y distribución de la energía solar sumados a transformaciones en la composición de la atmósfera, el clima se encuentra en permanente estado de cambio desde el origen de la Tierra.

Como consecuencia de dicho cambio, hace 20.000 años, extensos glaciares cubrían los Andes patagónicos y vastas estepas dominaban grandes extensiones del paisaje. Bajas temperaturas, intensos vientos y escasas lluvias restringían la presencia de árboles a pequeños 'refugios' posiblemente ubicados en valles andinos libres de hielo.

Con el paso del tiempo, las temperaturas, principalmente estivales, fueron aumentando gradualmente hasta alcanzar un máximo hace aproximadamente 10.000 años. Dicho aumento en la temperatura se vio asociado a una gran reducción de los glaciares y a la reorganización de los sistemas hídricos. En el Parque Nacional Nahuel Huapi, la retracción de glaciares dio origen a numerosos cuerpos de agua, tales como la laguna Huala Hué (Figura 2) que se formó tras el retroceso glacial en el valle del río Manso. Luego del retiro de los hielos, la sedimentación lacustre se vio controlada tanto por la deglaciación como por la intensificación de la actividad volcánica e incluso por la construcción de los conos volcánicos postglaciales (como por ejemplo el caso del volcán Osorno en el lago Llanquihue en Chile).

Las nuevas condiciones ambientales (altas temperaturas, mayor humedad, volcanismo) promovieron el desarrollo de suelos y establecimiento de matorrales de *Nothofagus antarctica* (ñire), *Berberis* sp. (calafate), *Maytenus boaria* (maitén) y *Schinus patagonicus* (laura) en la cuenca y sus inmediaciones. El incremento

en la cubierta leñosa sumada a la baja humedad ambiental característica de los veranos de la época fue favorable para la propagación de incendios, cuya incidencia aumentó dramáticamente respecto a períodos anteriores. Es muy posible que haya existido un sistema de retroalimentación positiva entre el régimen de incendios y la vegetación, en el que los arbustos leñosos hayan favorecido la ocurrencia de incendios y estos últimos hayan impedido el establecimiento de árboles, promoviendo de esta forma la supervivencia del matorral.

Los bosques mixtos que dominan la zona se establecieron hace aproximadamente 5.000 años con la llegada de *Austrocedrus chilensis* (ciprés de la cordillera) y la expansión de las poblaciones de *Nothofagus dombeyi* (coihue), en respuesta a un incremento en la humedad (Figura 3). A pesar de que la riqueza del bosque mixto no se ha modificado en forma sustancial durante los últimos 5.000 años, la abundancia de las especies dominantes (ciprés de la cordillera y coihue) ha oscilado a escalas milenarias. Dichas oscilaciones han sido determinadas por cambios en la precipitación y el régimen de incendios. Nuestros datos sugieren que los períodos más húmedos le han otorgado ventajas competitivas al coihue con respecto al ciprés de la cordillera, resultando en la expansión y dominancia del primero. El patrón inverso se registró en tiempos de sequía. Valores intermedios de humedad son favorables para ambas especies. En estos casos, la incidencia de incendios juega un papel primordial en las dinámicas del ecosistema, ya que los fuegos intensos favorecen la regeneración del coihue y *Chusquea* sp. (caña colihue) a expensas de renovales de ciprés de la cordillera.

El análisis de tefras presentes en testigos de sedimento nos ha permitido identificar eventos volcánicos explosivos similares a los ocurridos recientemente durante las erupciones del Cordón Caulle en 2011 y del volcán Calbuco en 2015. Entre ellos, se destacan más de 18 erupciones importantes registradas en los testigos de la laguna El Trébol y cerca de 50 niveles piroclásticos en el lago Mascardi, así como la evidencia de 11 erupciones significativas registradas en los últimos 12.000 años en el testigo de la laguna Huala Hué.

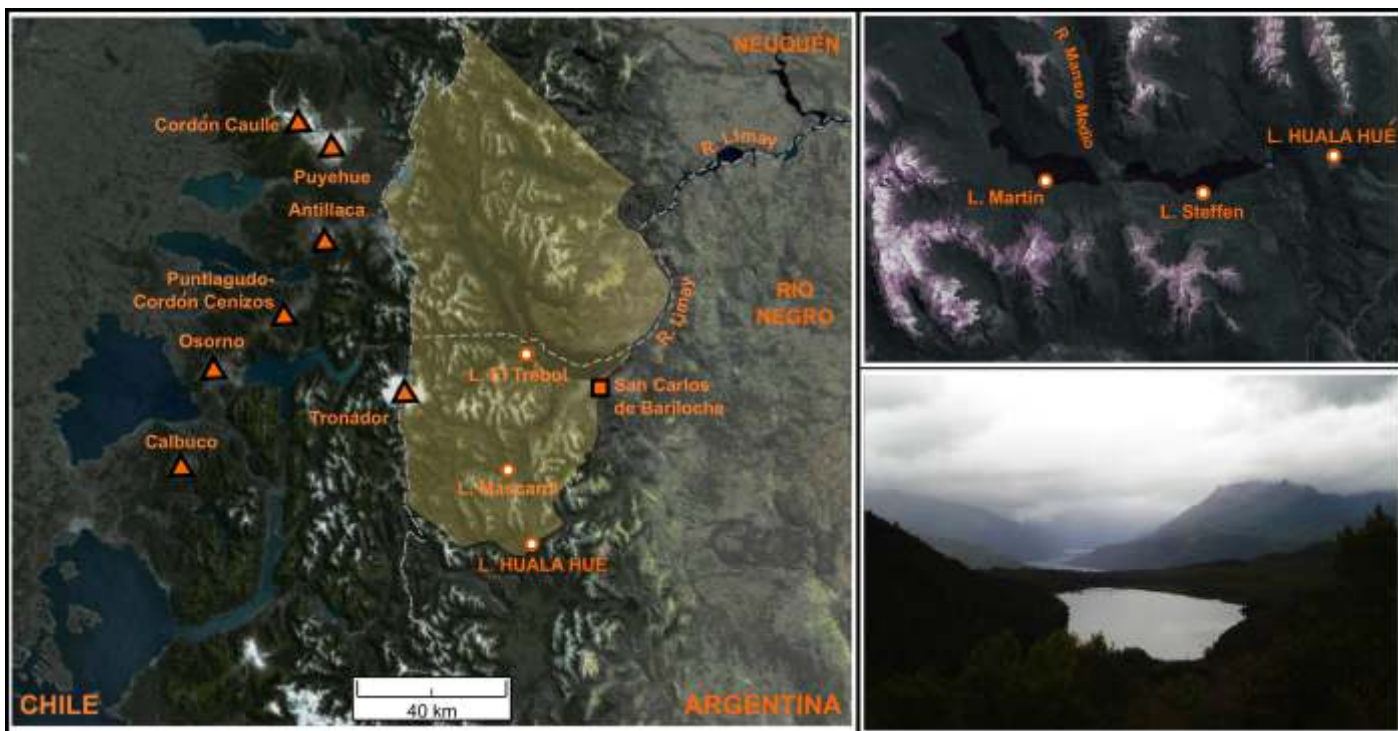


Figura 2: Área de estudio. Izquierda: Mapa de la región indicando los límites del Parque Nacional Nahuel Huapi (área sombreada) y la ubicación de sitios mencionados en el texto. Los triángulos representan volcanes y los círculos, lagos o lagunas. Derecha: Detalle del área delimitada por un rectángulo en el mapa anterior (arriba) y foto de la laguna Huala Hué (abajo).

¿Qué papel ha tenido el hombre en la evolución del paisaje en el Parque Nacional Nahuel Huapi?

Estudios arqueológicos revelan la presencia de poblaciones de cazadores-recolectores en sector norte del Parque hace 10.600 años y su establecimiento en la cuenca del río Manso aproximadamente en el año 3.500 A.P. Algunas poblaciones se vieron afectadas por las erupciones volcánicas en la región. Por ejemplo, los cazadores-recolectores de la zona del río Limay se vieron forzados al abandono transitorio de sus establecimientos tras algunas erupciones volcánicas. Estas migraciones se vieron motivadas por la falta de alimento ya que los cazadores-recolectores debieron ir tras los animales que buscaron pasturas disponibles en sectores libres de cenizas.

En otros bosques del mundo, desde los bosques de coníferas y *Quercus* spp. (roble) del sur de Europa hasta los bosques de *Nothofagus* spp. (hayas) de Nueva Zelandia, pequeñas poblaciones humanas han alterado dramáticamente el paisaje a través del uso del fuego. En forma similar, los relatos de los primeros misioneros e inmigrantes en el norte de Patagonia hacen referencia a prácticas de los pueblos originarios que involucraban el uso del fuego en la caza de *Lama guanicoe* (guanaco) y *Rhea* spp. (ñan-

dú) en matorrales y estepas patagónicas, ubicados predominantemente al este del bosque mixto.

Estudios paleoambientales revelan que es muy probable que dichas prácticas hayan afectado la posición del límite este del bosque y, especialmente, destruido algunas comunidades periféricas de ciprés de la cordillera. A pesar de la posible manipulación de los matorrales, registros obtenidos entre las latitudes 41 y 43°S sugieren que la acción antrópica nunca alteró de forma perceptible los bosques, ya que ni el establecimiento de comunidades en la zona ni los posteriores aumentos poblacionales se vieron asociados a cambios en la cantidad de incendios forestales. Estos resultados están de acuerdo con reconstrucciones arqueológicas que proponen que los primeros habitantes explotaban la estepa pero sólo accedían al bosque para recolectar frutos, madera y otros recursos naturales.

La inmigración europea cambió completamente la relación hombre-naturaleza. El aumento en el uso del fuego e intensificación del uso de la tierra contrastan drásticamente con la muy moderada (insignificante, en la mayoría de los casos) intervención humana previa a su arribo. En respuesta a los frecuentes incendios, tanto accidentales como intencionales, los bos-

ques nativos están siendo invadidos y hasta reemplazados, por arbustos resistentes al fuego. Tal es el caso de la laguna Huala Hué, donde la composición actual de la vegetación es más parecida a aquella prevalente hace 5.500 años que a los bosques prehispánicos (Figura 3). Al igual que en el pasado, el incremento de arbustos se ve ligado a un cambio en el régimen de incendios que impide la regeneración del bosque y favorece el avance de matorrales. Es muy probable que esta tendencia se mantenga o intensifique en las próximas décadas debido a la interacción entre especies exóticas tolerantes al fuego (*Pinus* spp. [pino], por ejemplo), incendios frecuentes y climas más áridos. De ser así, es muy posible que la supervivencia tanto de especies endémicas (ciprés de la cordillera) como de bosques nativos se vea seriamente amenazada.

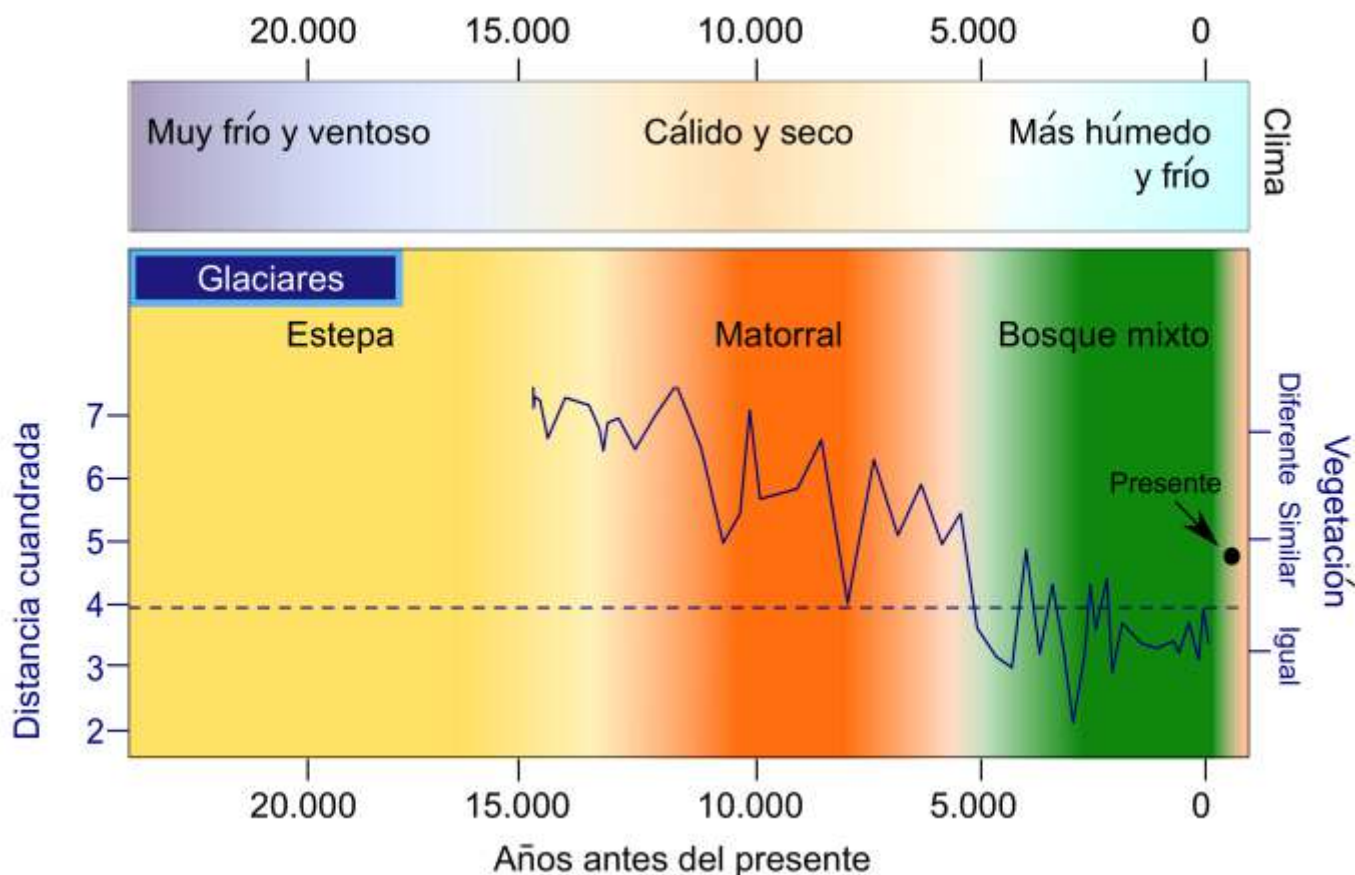


Figura 3: Reconstrucción paleoambiental. Panel superior: Evolución del clima durante los últimos 20.000 años. Panel inferior: Cambios en la vegetación a través del tiempo. La 'distancia cuadrada' (margen izquierdo) es una medida de similitud entre ecosistemas (descrita cualitativamente en el margen derecho de la figura). Los valores altos representan ecosistemas diferentes a la vegetación predominante en el año 1.800 y los valores inferiores a 3,9 son considerados estadísticamente iguales a dicha vegetación (línea intermitente). El año 1.800 fue elegido como marco de referencia ya que representa el estado inmediatamente anterior a la inmigración europea que hemos reconstruido para el sitio. Nótese que el valor actual es más cercano al matorral domina

Agradecimientos

Este estudio se realizó con fondos otorgados por National Science Foundation, LacCore y el proyecto FONCYT PICT 2010-2046. Agradecemos a las autoridades del Parque Nacional Nahuel Huapi por su apoyo, a B. Gresswell, T. Kitzberger, D. Navarro, W. Browner y J. Giskaas por su ayuda en el campo y laboratorio y a M.E. de Porras por sus valiosas sugerencias. M.C. D'Gregorio asistió en la edición del manuscrito.

Bibliografía

Bellelli, C. 2007. Arqueología, patrimonio y turismo. Experiencias de investigación, conservación, manejo y gestión en la Comarca Andina del Paralelo 42° y valle del Manso inferior. *Pacarina* 45:309-314.

Bianchi, M.M. y D. Ariztegui. 2012. Vegetation history of the Río Manso superior catchment area, Northern Patagonia (Argentina), since the last deglaciation. *The Holocene* 22:1283-1295.

Caldenius, C.C. 1932. Las glaciaciones cuaternarias en la Patagonia y Tierra del Fuego. Dirección General de Minas y Geología, Buenos Aires. 152 pp.

Cox, G. 1963. Viajes a las regiones septentrionales de Patagonia 1862-1863. *Anales de la Universidad de Chile* 23:3-239.

Fernández, P.M., M. Calatayud, C. Bellelli, M. Pedestá y V. Scheinsohn. 2011. Marcas en la piedra, huellas en la tierra. El poblamiento del bosque del suroeste de Río Negro, noroeste de Chubut. *Procesos históricos, transformaciones sociales y construcciones de fronteras*. Eds. Valverde, S., Maragliano, G., Impemba, M., Trentini, F. (Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires), pp 195-221.

Iglesias, V. y C. Whitlock. 2014. Fire responses to postglacial climate change and human impact in northern Patagonia (41 - 43°S). *PNAS* 111:E5545-E5554.

Iglesias, V., C. Whitlock, M. Bianchi, G. Villarrosa y V. Outes. 2012. Climatic and local controls of long-term vegetation dynamics in Northern Patagonia. *Quaternary Research* 78: 502-512.

IPCC, 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

Lezcano, M., A. Hadjuck y A. M. Albornoz. 2015. Arqueología del lago Nahuel Huapi: modelos de uso de los ambientes y de los recursos faunísticos. *Macroscofia* 4: 15-21.

McWethy, D.B., W. Whitlock, J.M. Wilmshurst, M.S. McGlone, M. Fronmon, X. Li, A. Dieffenbacher-Krall, W.O. Hobbs, S. Fritz y E.R. Cook. 2010. Rapid landscape transformation in South Island, New Zealand, following initial Polynesian settlement. *PNAS* 107:21343-21348.

Mermoz, M., T. Kitzberger y T.T. Veblen. 2005. Landscape influences on occurrence and spread of wildfires in Patagonian forests and shrublands. *Ecology* 86:2705-2715.

Musters, G.C. 1871. *At Home with The Patagonians: A Year's Wanderings over Untrodden Ground from the Straits of Magellan to the Río Negro* (Murray, London).

R Development Core Team 2013. *R: a language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 3-900051-07-0. (URL, <http://www.R-project.org>).

Veblen, T. Y V. Markgraf. 1989. Steppe expansion in Patagonia? *Quaternary Research* 30: 331-338.

Villarosa, G., V. Outes, A. Hajduk, E. Crivelli Montero, D. Sellés, M. Fernández y E. Crivelli, 2006. Explosive volcanism during the Holocene in the upper Limay River Basin: the effects of ashfalls on human societies, Northern Patagonia, Argentina. *Quaternary International* 158: 44-57.

Villarosa, G., V. Outes, H. A. Ostera, D. Ariztegui, 2002. Tefrocronología de la transición Tardío Glacial-Holoceno en el lago Mascardi. Parque Nacional Nahuel Huapi, Argentina. XV Congreso Geológico Argentino, Actas II, pp. 699-704.

Glosario

Composición de la atmósfera: La capa de gas que rodea la Tierra (atmósfera) se compone de nitrógeno (78% del volumen), oxígeno (21% del volumen) y otros gases (1% del volumen). Estos últimos comprenden a los gases de efecto invernadero tales como el dióxido de carbono, el vapor de agua y el metano. Dichos gases absorben la radiación térmica (calor) emitida por la Tierra y reirradian un porcentaje hacia la superficie terrestre resultando en un incremento de la temperatura.

Especie endémica: Especie propia y exclusiva de un área.

Paleoambiente: Conjunto de condiciones físicas, químicas, climáticas y ecológicas prevalentes en el pasado.

Polen: Estructura microscópica que contiene el material genético masculino de las plantas con semilla. Su estudio se denomina palinología.

Radiocarbono (14C): Isótopo radioactivo del carbono. Dado que la cantidad de radiactividad del material orgánico comienza a decaer al momento de la muerte del organismo que lo produjo, es posible medir la radiactividad de una muestra orgánica y así estimar el tiempo transcurrido desde la muerte del organismo. La datación por radiocarbono es una técnica muy fiable y ampliamente utilizada para conocer la edad de muestras de menos de 45.000 años.

Retroalimentación positiva: Mecanismo de control de sistemas en el que las consecuencias de un proceso amplifican los cambios que lo originaron.

Riqueza: Número de especies en un ecosistema.

Rotación: Movimiento de la Tierra que consiste en girar sobre su propio eje en sentido antihorario. Un giro completo dura 23 horas, 56 minutos y 4 segundos. Cambios diarios en la exposición de la superficie terrestre a la radiación solar dan origen a la sucesión del día y la noche.

Refugio: Sitio cuyas características ambientales (generalmente diferentes a las de sitios aledaños) permiten la supervivencia de una especie.

Tefra: depósito inconsolidado de material volcánico expulsado durante una erupción explosiva.

Testigo: Cilindro de sedimento obtenido al perforar verticalmente el fondo de un lago, mallín o turbera.

Traslación: Movimiento de la Tierra alrededor del Sol. La Tierra realiza una vuelta completa a su órbita en 365 días, 6 horas y 9 segundos. Cambios anuales en la exposición de la superficie terrestre a la radiación solar dan origen a la sucesión de las estaciones.



Línea de investigación

Los autores forman parte de un grupo internacional e interdisciplinario que desarrolla actividades de investigación en el sector norte de la Patagonia Andina. Sus principales objetivos se centran en el estudio de la biogeografía de la vegetación, la paleoecología de la región y las dinámicas del paisaje, con gran énfasis en la caracterización de los regímenes de disturbio (vulcanismo e incendios).

Estudio de la fauna terrestre mediante foto-trampeo en dos sitios contrastantes del Parque Nacional Nahuel Huapi

Valeria L. Martín-Albarracín y Nicolás Seoane

Laboratorio Ecotono, Universidad Nacional del Comahue,
Quintral 1250, (8400) Bariloche, Argentina.
valemartinalba@gmail.com
nicosoon80@gmail.com

Resumen

Uno de los principales objetivos de un parque nacional es la conservación de la biodiversidad, por ende es importante disponer de metodologías efectivas que permitan el monitoreo de las poblaciones animales. En este trabajo estudiamos la composición de la comunidad de vertebrados terrestres en dos sitios del Parque Nacional Nahuel Huapi mediante fototrampeo. Los sitios de estudio están ubicados en dos zonas del parque, la Isla Victoria y el área Mascardi. Los muestreos se realizaron durante las temporadas invierno 2011 - otoño 2012 en la Isla Victoria y primavera 2012 - otoño 2013 en el área Mascardi. Los resultados muestran, a nivel general, una dominancia de especies introducidas en ambos sitios, así como una mayor abundancia de fauna en la Isla Victoria debida principalmente a los ciervos colorado y dama. La composición de especies, sin embargo, es diferente como resultado del uso histórico que el hombre le ha dado a cada uno de estos lugares. La única especie detectada en ambos sitios, y muy abundante en ambos, fue el jabalí europeo. Para las especies más comunes hicimos estimaciones de abundancia relativa para los distintos ambientes, y también evaluamos los patrones de actividad diaria de cada especie. El uso de cámaras trampa resultó una metodología eficaz y económica, que permite el monitoreo de fauna con menor esfuerzo que la observación directa aún bajo condiciones climáticas rigurosas. Esta herramienta puede ser aprovechada para el monitoreo de fauna y para evaluar los resultados de las políticas de conservación dentro del área protegida.



Abstract

One of the main objectives of a National Park is conservation of biodiversity, so it is important to have effective methods for the monitoring of animal populations. In this work we studied the composition of the community of terrestrial vertebrates in two sites of Nahuel Huapi National Park through camera trapping. Study sites are located in two different regions of the National Park, Isla Victoria and Mascardi area. Camera trapping was conducted from winter 2011 to autumn 2012 in Isla Victoria and from spring 2012 to autumn 2013 in Mascardi area. Results show, dominance of non-native species in both sites, as well as a higher abundance of animals on Isla Victoria mainly due to red and fallow deer. Composition of species, however, is different as a result of the historical use given to each place by humans. The only species detected in both sites, and very abundant in both of them, is wild boar. For the most common species we carried out estimations of relative abundance for the different sampled environments, and we also evaluated activity patterns. The use of camera traps was an effective and economic methodology that allowed the monitoring of fauna with a lower effort than direct observation, even under rigorous climate conditions. This tool can be used for the monitoring of fauna and to evaluate the results of conservation policies in the protected area.



Contribución al Parque Nacional Nahuel Huapi

En este trabajo estudiamos la composición de la comunidad de vertebrados terrestres en dos sitios del Parque Nacional Nahuel Huapi mediante fototrampeo. Este tipo de registros contribuyen al monitoreo de fauna dentro del área protegida, lo cual es fundamental para proyectar y evaluar políticas de conservación. En este trabajo aprovechamos las ventajas que otorga el uso de las cámaras trampa como herramienta para el estudio de la fauna en ambientes naturales y pudimos relevar simultáneamente varias especies en sitios de difícil acceso, independientemente de las condiciones climáticas y durante todo el rango horario.

Introducción

Uno de los principales objetivos de los parques nacionales es la conservación de la biodiversidad, entendida como la amplia variedad de seres vivos sobre la Tierra y los patrones naturales que la conforman. Tres características que describen la biodiversidad de un lugar son la riqueza de especies (cantidad de especies presentes), la composición (cuáles especies) y la abundancia poblacional de cada una. Sin embargo, las poblaciones son dinámicas, van cambiando en el tiempo y en el espacio como resultado de una continua interacción con las comunidades y el ambiente.

Estudiar la diversidad de fauna, en particular la de vertebrados terrestres, representa un desafío debido a la dificultad que existe para detectar a los animales y estudiar su comportamiento natural sin que sean perturbados. Esta dificultad es aún mayor cuando se trata de animales pequeños, huidizos o de hábitos nocturnos.

En los Parques Nacionales y otras áreas protegidas, los registros de fauna son de gran utilidad porque contribuyen al monitoreo de las poblaciones, lo cual permite dar cuenta de los cambios que se van produciendo en la diversidad de fauna. Esto es particularmente importante cuando se trata de especies nativas de valor especial y de especies invasoras.

Una de las metodologías disponibles para registrar la presencia de fauna en el ambiente es el fototrampeo. Para esto se utilizan cámaras que registran fotografías o videos al ser activadas por la presencia de un animal, ya sea mediante sensores de movimiento o infrarrojos. Estas cámaras tienen la ventaja de funcionar sin la presencia de los investigadores en el campo, por lo que son poco invasivas y prácticamente no alteran el comportamiento de la

mayoría de las especies. Además son valiosas para la detección de animales de hábitos nocturnos o bajo condiciones climáticas rigurosas, cuando la detección mediante observación directa es más difícil.

En este trabajo estudiamos la diversidad y abundancia de animales terrestres en dos zonas del Parque Nacional Nahuel Huapi utilizando cámaras trampa. Aquí presentamos un resumen de estos registros con la intención de contribuir al conocimiento general y al monitoreo de fauna dentro de esta área protegida. Los sitios estudiados dentro del Parque Nacional están ubicados en el área Mascardi y la Isla Victoria (Figura 1). Estos sitios tienen grandes diferencias debidas a su historia de uso, y esto repercute tanto en su composición de especies como en los roles ecológicos que podría estar cumpliendo cada una.

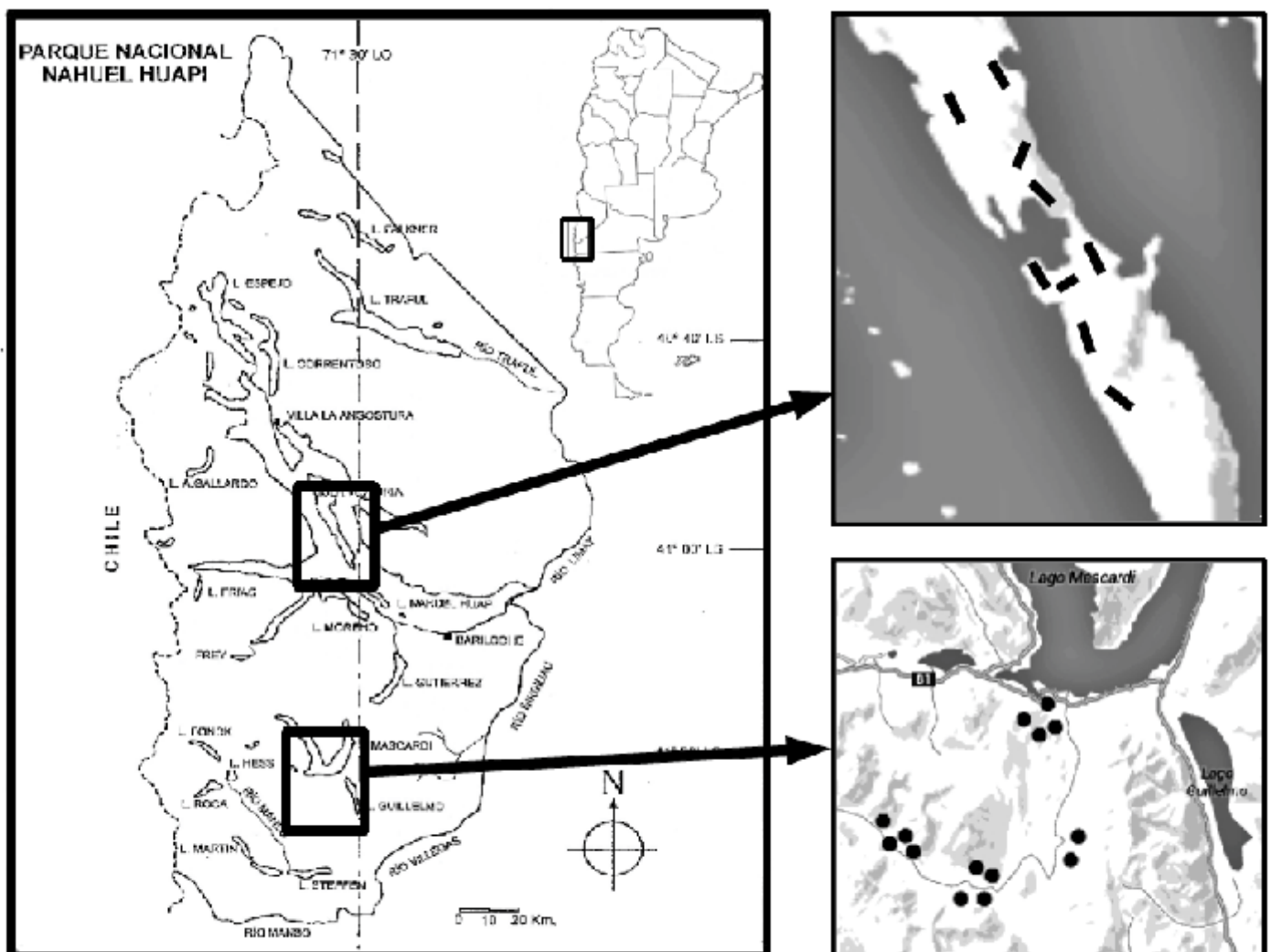


Figura 1.- Ubicación de los sitios de estudio y diseño de muestreo. El detalle superior a la derecha corresponde a la Isla Victoria y el inferior al área Mascardi del PNNH.

Área de estudio

Los sitios de estudio son contrastantes desde varios puntos de vista. En primer lugar, los sitios representan un área insular y una continental. La Isla Victoria está ubicada en el centro del lago Nahuel Huapi y sus dimensiones son de 20 km de largo norte-sur por 4 km en su parte más ancha. Dentro del área Mascardi, el sitio estudiado fue el valle del Llodconto, ubicado entre los lagos Mascardi y Steffen, de unos 16 km de longitud este-oeste por 12 km. En segundo lugar, la historia de uso humano en ambos sitios es diferente. La Isla Victoria fue explotada desde la primera mitad del siglo XX como atractivo turístico. Allí se introdujeron intencionalmente cientos de especies de plantas y animales con el fin de embellecerla según los criterios de la época y atraer turistas y cazadores. Por otro lado, el área Mascardi es una zona tradicionalmente ganadera. Esta actividad comenzó a fines del siglo XIX, cuando varias poblaciones se instalaron allí para dedicarse a la cría de bovinos y distintas actividades agrícolas hasta la creación del Parque Nacional en 1934. A partir de este momento existió un control de Parques Nacionales de la cantidad y tipo de ganado (APN, 1986) y un desaliento de la actividad agrícola por parte del Estado argentino. De este modo, la ganadería pasó a ser la principal actividad en la zona. Este cambio en la política ganadera, sumado a la falta de límites para el pastoreo, la gran extensión y el relieve complejo de las áreas de pastaje causó que una parte de la población de bovinos se asilvestrara, por lo cual hoy existen zonas con ganado cimarrón (Seoane, en preparación). Hasta el presente persiste una ganadería de subsistencia por parte de los pobladores en la zona del lago Mascardi.

Diseño de muestreo

Durante la temporada invierno 2011 - otoño 2012 instalamos 9 cámaras trampa en la zona central de la Isla Victoria, que se muestra en la Figura 1. En el área Mascardi utilizamos 4 cámaras trampa en el valle del arroyo Llodconto desde la primavera del año 2012 hasta el verano de 2014. Las cámaras permanecieron entre tres semanas y tres meses en cada lugar y luego fueron reubicadas según el diseño de muestreo en cada área (Figura 1). En la Isla Victoria las cámaras se colocaron a lo largo de nueve transectas asociadas a tres ambientes distintos: bosque de coihue y ciprés, matorral mixto y plantaciones de árboles exóticos; completando un total de 1430 días/cámara. En el área Mascardi las cámaras fueron colocadas en tres zonas diferentes del valle asociadas a cinco ambientes: bosque de coihue y ciprés, matorral mixto, bosque de ñire, bosque de lenga y ambiente quemado; totalizando 819 días/cámara.

En ambos casos, para evitar que las estimaciones estén sesgadas, tuvimos en cuenta sólo las capturas que fueron independientes entre sí (con al menos una hora de diferencia entre ellas); de modo que no sean capturas del mismo animal ni de animales del mismo grupo. A fin de poder comparar la abundancia de las especies entre ambientes con distinto esfuerzo de muestreo, calculamos el índice de abundancia relativa (IAR), que es igual al número de capturas (C) dividido por el número de días que funcionó cada cámara (esfuerzo de muestreo, EM) multiplicado por 1000 días-cámara.

$$IAR = C / EM * 1000 \text{ días-cámara}$$

Resultados

Composición y abundancia de especies

En la Isla Victoria se registraron un total de 828 capturas de 17 especies en las cuales el animal más frecuente fue el ciervo -*Cervus elaphus* (ciervo colorado) y *Dama dama* (ciervo dama), en una proporción de 65% y 35% respectivamente (Martin-Albarracín et al., 2015)-, seguido por *Sus scrofa* (jabalí) y *Lophura nycthemera* (faisán plateado). Otras especies terrestres registradas fueron *Felis catus* (gato doméstico), *Mustela vison* (visón), *Scelorchilus rubecula* (chucaco) y *Oligoryzomys longicaudatus* (ratón colilar-go). También se detectaron otras especies no estrictamente terrestres como *Milvago chimango* (chimango), *Turdus falcklandii* (zorral), *Theristicus melanopis* (bandurria), *Caracara plancus* (carancho), *Zonotrichia capensis* (chingolo), *Phrygilus patagonicus* (comesebo), *Aphrastura spinicauda* (rayadito), *Colaptes pitiús* (carpintero pitío) y *Elaenia albiceps* (fio fio). En el área Mascardi se registraron un total de 102 capturas entre las cuales *Bos taurus* (vaca) fue el animal más frecuente. Otras especies terrestres registradas fueron *Lepus europaeus* (liebre), jabalí y *Lycalopex culpaeus* (zorro colorado). También se detectó un ave carroñera, *Coragyps atratus* (jote cabeza negra). En la Tabla 1 se muestran las especies terrestres registradas en cada área de estudio. Como podemos observar, si bien la composición de especies es diferente, en ambos sitios existe una alta incidencia de especies introducidas. En la Figura 2 se muestran fotografías de las especies más abundantes registradas en la Isla Victoria y el área Mascardi del PNNH.

En la Isla Victoria se introdujeron numerosas especies de animales y plantas invasoras con fines cinegéticos y para atraer turistas. Las especies registradas aquí muestran el resultado de este proceso de introducción y naturalización de especies, en el cual algunas tuvieron gran éxito -como el ciervo colorado, el ciervo dama y el faisán plateado-, mientras que otras especies como *Axis axis* (ciervo axis) y varias especies de faisánidos no volvieron a ser registradas desde su introducción y se consideran extintas en la Isla (Daciuk, 1978).

En el área Mascardi, la introducción activa de ganado ha modificado la composición de especies de vertebrados, siendo el bovino el animal más fotografiado por las cámaras y presente en todos los ambientes. Otros vertebrados terrestres como la liebre y el jabalí llegaron a la zona probablemente como resultado del proceso expansivo de su invasión a nivel nacional (Novillo y Ojeda, 2008), mientras que el zorro colorado ha sido el único carnívoro nativo detectado en nuestro estudio.

Origen	Isla Victoria	Área Mascardi
Nativas	Chucaco (<i>Scelorchilus rubecula</i>) Ratón colilar-go (<i>Oligoryzomys longicaudatus</i>)	Zorro colorado (<i>Lycalopex culpaeus</i>)
Exóticas	Jabalí (<i>Sus scrofa</i>) Ciervo colorado (<i>Cervus elaphus</i>) Ciervo dama (<i>Dama dama</i>) Faisán plateado (<i>Lophura nycthemera</i>) Gato doméstico (<i>Felis catus</i>) Visón (<i>Mustela vison</i>)	Jabalí (<i>Sus scrofa</i>) Vaca (<i>Bos taurus</i>) Liebre (<i>Lepus europaeus</i>)

Tabla 1: Especies terrestres registradas en ambos sitios de acuerdo a su origen. En negrita se muestra la única especie detectada en ambos sitios.

La abundancia relativa (IAR) de las especies más comunes en las dos áreas de estudio para cada ambiente se muestra en la Tabla 2. A modo general puede observarse que las abundancias son notablemente más altas en la Isla Victoria en relación a Mascardi, debido principalmente a la alta densidad de ciervo y faisán. El jabalí es la única especie registrada en ambos sitios, y con abundancia similar. A pesar de ser un mamífero introducido, no existen registros de que ésta introducción fuera intencional en ninguno de los sitios estudiados. Esta es una especie altamente invasora que fue introducida en Argentina en el año 1904 y desde entonces se encuentra en proceso de expansión (Novillo y Ojeda, 2008). Se cree que el jabalí llegó a la Isla navegando desde la península Huemul, y los primeros registros insulares datan del año 1999. Uno de los principales impactos de esta especie es el hozado que realiza en el suelo y que puede influir en la regeneración de la comunidad vegetal. Algunas mediciones del impacto del hozado del jabalí han sido

realizadas recientemente en la Isla Victoria por Barrios-García y colaboradores (2011).

Otro aspecto a destacar es que en ambos sitios los herbívoros detectados son introducidos, de gran tamaño y se encuentran entre los animales más abundantes. En el caso de la Isla Victoria, por ejemplo, los ciervos fueron el registro más frecuente. Posiblemente esta especie haya impactado sobre el *Pudu pudu* (pudú) (Novillo y Ojeda, 2008), herbívoro nativo de la Isla que no fue detectado en ninguna fotografía. En el área Mascardi podemos destacar la presencia de liebres europeas como un componente común en los mallines de la zona (observación personal), lo cual puede influir en la cadena trófica al modificar la composición de la comunidad de presas disponibles para carnívoros como aves rapaces y pumas. Herbívoros nativos como el pudú, han sido observados recientemente por pobladores en áreas cercanas al valle del Llodconto, pero no han sido detectados

en este trabajo. En otro estudio efectuado con cámaras trampa entre febrero y mayo del 2012 en la zona sur del PNNH se halló también que las especies dominantes no fueron nativas (Gantchoff et al., 2013). En ese trabajo, los autores hallaron que las especies más abundantes fueron la liebre europea y el jabalí; además registraron al ciervo colorado fuera del área Mascardi, al este de la ciudad de Bariloche. No se encontraron herbívoros nativos en nuestro relevamiento ni en el estudio mencionado.

En relación a la frecuencia de registros en los distintos ambientes, encontramos un escenario diferente en cada sitio de estudio (Tabla 2). En la Isla Victoria encontramos una mayor diversidad de especies en los bosques y matorrales. Esto se debe a que en estos ambientes se registraron especies nativas como el chucao y el ratón colilargo; sin embargo, las especies introducidas fueron notablemente más abundantes. En las plantaciones de árboles exóticos, si bien la diversidad fue menor, especies como el faisán y el ciervo fueron extremadamente abundantes. En el área Mascardi, en la cual todos los ambientes son nativos (i.e. no hay plantaciones de árboles exóticos), los bosques fueron los espacios de preferencia para la mayoría de las especies y entre éstos, el de ñire fue el que tuvo mayor número de capturas netas. Esto puede estar relacionado a que los bosques de ñire contienen mallines y generalmente se encuentran en el fondo del valle, donde las pendientes son bajas. Tanto la presencia de mallines como las zonas de bajas pendientes son atributos que atraen a la fauna terrestre, a diferencia de los sitios quemados o muy cerrados como los matorrales. Sin embargo, en este trabajo encontramos para matorrales y ambientes quemados, una abundancia relativa similar a la de bosque para zorro y vaca, mientras que el jabalí estuvo ausente. Las liebres fueron extremadamente abundantes en ambientes quemados. Esta preferencia de la liebre por ambientes abiertos podría deberse a la facilidad para detectar a los depredadores producto de un mayor campo visual.

En este trabajo tomamos como supuesto que la detectabilidad de todas las especies es similar; aunque es posible que esté influida por el tamaño corporal de los animales (especies de mayor tamaño serían detectadas a mayor distancia). Aun así, es probable que esta diferencia en la detectabilidad explique sólo una pequeña parte de las grandes diferencias encontradas para las abundancias relativas entre las especies.

Figura 2.- Animales más frecuentes detectados en este estudio: (A) jabalí, (B) liebre, (C) vaca, (D) faisán plateado, (E) ciervo, (F) zorro colorado

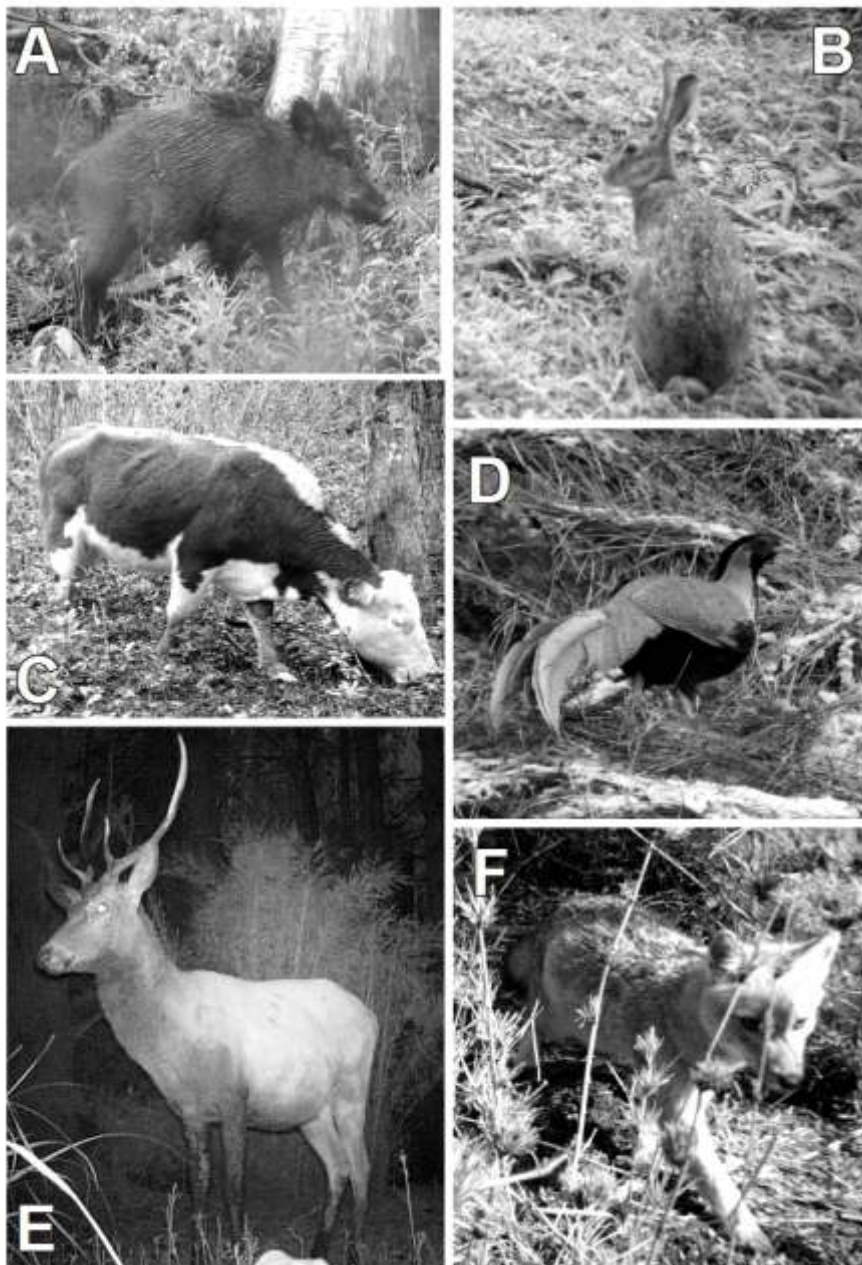


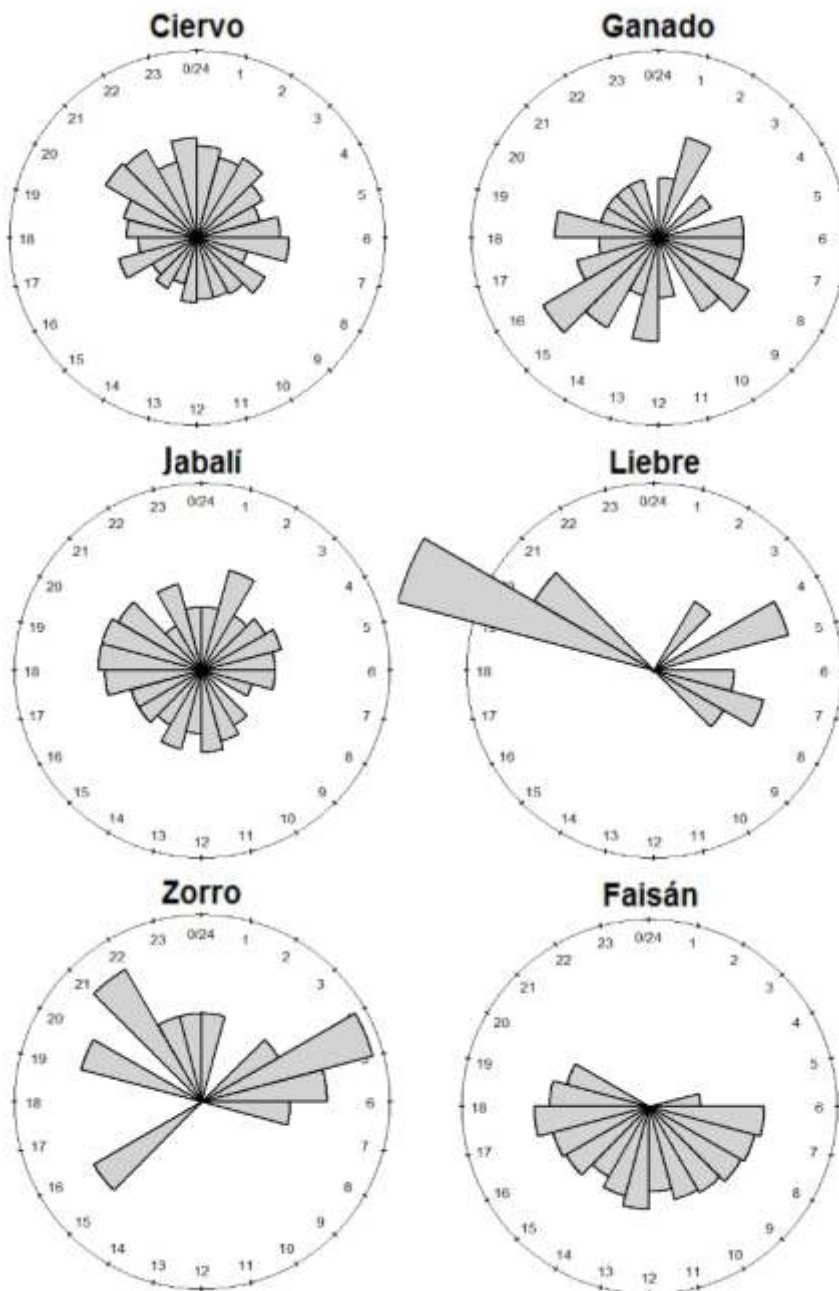
Tabla 2: Índices de abundancia relativa (IAR) por ambiente para las especies más abundantes en los dos sitios de estudio. Las celdas sombreadas en gris indican que en ese sitio no se relevaron los ambientes indicados o no estaban presentes.

Sitio de estudio	Especie	Bosque coihue	Bosque ñire/lenga	Matorral	Quemado	Plantación
Isla Victoria	Ciervo*	266,11		341,32		243,30
	Faisán	47,82		115,77		321,43
	Jabalí	27,03		85,83		66,96
Área Mascardi	Vaca	0	18,37	12,79	17,44	
	Jabalí	49,53	7,21	0	0	
	Liebre	7,21	1,16	0	156,97	
	Zorro	0	8,60	12,79	8,60	

*Se calculó el IAR para los ciervos colorado y dama, sin distinción de especies.

Patrones de actividad diaria

Los animales mostraron diferencias en los niveles de actividad a lo largo del día (estimados en base a la frecuencia de detección de los animales). Hubo especies de hábitos diurnos, nocturnos, y otras con un patrón menos definido (Figura 3). Sólo el faisán mostró hábitos claramente diurnos, mientras que la liebre y el zorro tuvieron actividad casi exclusivamente de noche. Las especies con patrones menos definidos fueron registradas en todo el rango horario, aunque pueden observarse algunas tendencias. El ciervo, por ejemplo, tiene mayor proporción de registros a la noche, mientras que el ganado tiende a ser mayormente diurno. El jabalí, por otro lado, mostró un patrón de uso similar de día y de noche, aunque se observa una mayor actividad crepuscular (entre las 18 y las 20 hs).



Conclusiones

El uso de las cámaras trampa constituye una herramienta muy útil para el estudio de la fauna. En este trabajo pudimos evaluar la presencia y abundancia relativa de distintas especies y observar sus patrones de actividad. Además se abarcaron grandes áreas que incluyeron sitios de difícil acceso que de otro modo hubiera sido costoso relevar. El uso de estas cámaras permitió detectar la actividad nocturna de los animales y describir los patrones de actividad diaria para las especies más abundantes. Por estos motivos, recomendamos el uso de esta metodología para el monitoreo de fauna dentro del Parque Nacional, como ya está siendo implementado en algunos programas de conservación en el PN Nahuel Huapi y otros.

Uno de los principales hallazgos fue la gran abundancia de especies introducidas en relación a las nativas. Esto genera múltiples interrogantes sobre lo que está sucediendo a nivel ecológico en los sitios estudiados, por ejemplo: ¿Es la abundancia de especies introducidas una de las causas de la baja abundancia de especies nativas con rol ecológico similar? Algunos estudios parecen apoyar una respuesta afirmativa a esta pregunta, por ejemplo investigaciones realizadas sobre la interacción entre huemul y ciervo colorado (Smith-Flueck, 2003); y no sólo en vertebrados terrestres sino también para otros grupos, como por ejemplo abejorros (Arbetman y Morales, 2013). También podemos preguntarnos ¿existen efectos indirectos de la alta abundancia de especies introducidas sobre las comunidades nativas? Por ejemplo, la alta



abundancia de mamíferos exóticos puede aumentar la presión sobre la flora nativa, o en el caso de la liebre la alta abundancia de presas puede aumentar la presión de los depredadores sobre otras presas nativas. ¿Cuáles serán las consecuencias a largo plazo para los bosques nativos de que la comunidad de vertebrados terrestres pase a estar dominada por grandes mamíferos exóticos? Podría añadirse además, en lo que refiere a la misión educativa y de conservación de un parque nacional, ¿qué consecuencias sociales tiene el hecho de que en un área protegida la visual esté dominada por especies introducidas?

Muestreos como el realizado en este trabajo son de utilidad para monitorear las poblaciones de fauna a lo largo del tiempo. Esto permite evaluar tendencias poblacionales de especies de interés y en última instancia, evaluar los resultados de las medidas de manejo dentro del área protegida. También podrían utilizarse como herramienta para evaluar el resultado de planes de control o erradicación de especies introducidas.

Agradecimientos

Agradecemos a la Administración de Parques Nacionales (APN) por el otorgamiento de los permisos para trabajar en los dos sitios, a los guardaparques del Parque Nacional Nahuel Huapi, a la empresa Cau Cau por el otorgamiento de los pases a la Isla Victoria, a los pobladores Rodolfo y Alfredo Boock del valle del Llodcontó y a todos los asistentes de campo que colaboraron con los muestreos. También agradecemos a G. Amico y al equipo editorial de la revista por los comentarios que ayudaron a mejorar este artículo.

Bibliografía consultada

APN. 1986. Plan de Manejo del Parque Nacional Nahuel Huapi. Bariloche, 101 pp.

Arbetman, M.P. y C.L. Morales. 2013. Parásitos introducidos con abejorros invasores: ¿Estaremos más cerca de entender las causas de la declinación del abejorro nativo?. *Macroscopia* 3:1-4

Barrios-García, M.N., Simberloff, D. y M.A. Relva. 2011. Primeras mediciones del impacto del jabalí (*Sus scrofa*) en la Isla Victoria. *Macroscopia* 2:9-11

Daciuk, J. 1978. Aclimatación de aves y mamíferos en el parque nacional Nahuel Huapi (Prov. de Neuquén y Río Negro, Argentina), con especial referencia de los faisánidos. *Anales de Parques Nacionales* 14:96-104.

Gantchoff, M.G., Belant, J.L. y Masson, D.A. 2013. Occurrence of invasive mammals in southern Nahuel Huapi National Park. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 48:175-182

Martin-Albarracín, V.L., Nuñez, M.A., Amico, G.C. 2015. Replacement of native by non-native animal communities assisted by human introduction and management on Isla Victoria, Nahuel Huapi National Park. *PeerJ*, en prensa.

Novillo, A. y R.A. Ojeda. 2008. The exotic mammals of Argentina. *Biological Invasions* 10(8):1333-1344.

Smith-Flueck, J.M. 2003. La ecología del huemul (*Hippocamelus bisulcus*) en la Patagonia Andina de Argentina y consideraciones sobre su conservación. Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Comahue, Argentina. 361 pp.

Seoane, N. [en preparación]. Patrones de actividad y uso de hábitat de ganado semi-silvestre en el bosque andino-patagónico. Tesis Doctoral. Universidad Nacional del Comahue, Argentina.

Glosario

Cinegética: arte de la cacería.

Hozar: escarbar la tierra con el hocico.

Ganadería extensiva: sistema de crianza de ganado que se lleva a cabo en grandes extensiones de terreno, donde la supervisión de los animales se hace de manera esporádica y los animales pastorean libremente.

Ganado cimarrón: ganado bagual, asilvestrado.

Transecta: línea imaginaria trazada en el terreno que se utiliza como unidad de muestreo para la toma de datos.

Breve reseña de los autores

Los autores de este trabajo formamos parte del Laboratorio Ecotono de la Universidad Nacional del Comahue en la ciudad de Bariloche. Allí, estudiamos la ecología de vertebrados introducidos terrestres y sus interacciones con especies nativas y el ambiente. En particular, realizamos relevamientos de fauna mediante distintos métodos, así como también estimaciones de densidad y uso de hábitat. Actualmente estamos desarrollando nuestras tesis doctorales utilizando como especies focales al faisán plateado en la Isla Victoria y al ganado vacuno en el área Mascardi del PNNH.



MACROSCOPIA

Divulgación técnico científica del patrimonio natural
y cultural del Parque Nacional Nahuel Huapi

INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

Macroscopia publica dos veces al año trabajos de investigación en jurisdicción del Parque Nacional Nahuel Huapi y cuyas temáticas estén relacionadas a las ciencias naturales y sociales.

Los artículos deberán ser originales y escritos en idioma español en la modalidad "artículo de divulgación técnica" donde el autor presente y analice los resultados de su proyecto dentro del parque nacional. Los artículos serán evaluados en una única instancia por el comité editorial y por un revisor. Una vez aceptado será remitido para su revisión de estilo y posteriormente solicitar la conformidad del autor. Los artículos no tienen cargo para los autores.

Estructura del manuscrito

El artículo deberá llevar un título que no debe exceder las 10 palabras. El texto deberá estar escrito en tamaño papel A4, dejando al menos 25 mm en todos los márgenes, en letra tamaño 12 (time new roman), interlineado 1.5, sin tabulaciones, ni sangrías y alineación izquierda. El procesador de texto deberá ser Word versión 1997 o superior.

El texto del artículo puede incluir subtítulos y deberá seguir el siguiente orden: título, autores, resumen y abstract, cuerpo principal, agradecimientos, bibliografía consultada y glosario de términos. Debajo del título los siguientes datos del/los autores: nombre y apellido, institución y dirección de correo electrónico (si más de un autor pertenece a la misma institución, indicarlo una sola vez con subíndices en cada caso necesario). Evitar el uso de siglas, pero si fuera necesario éstas deberán ser explicadas al mencionarlas por primera vez. Si es necesario utilizar nombres científicos, éstos deberán escribirse en itálica (*Leiosaurus bellii*) seguido por su nombre vulgar entre paréntesis y en minúscula (matuasto). Para unidades se utilizará el sistema internacional de medidas (SIMELA, por ejemplo: m, l, etc). Evitar las citas de autores en el texto, pero si fuera necesario se indicarán entre paréntesis y seguidos del año de la publicación. Citar los accidentes geográficos con minúsculas y con mayúsculas el nombre propio: río Manso, cerro Las Ardillas. Incluir un mapa del área de estudio. El texto deberá acompañarse de un resumen escrito en español (y su traducción fiel al inglés) en un único párrafo de no más de 250 palabras.

Macroscopia publica en la tapa de cada número una ilustración (foto o dibujo) en color que remita al contenido de algún artículo. Se invita a los autores a enviar sus ilustraciones de buena calidad.

La bibliografía citada deberá citarse de la siguiente manera:

Artículos: Grigera, D.A. 1982. Ecología alimentaria de algunas passeriformes insectívoras frecuentes en los alrededores de la S C de Bariloche. *Ecología Argentina* 7:67-84.

Milat, J.A. y F.J. Klimaitis. 1988. Datos nidificatorios sobre Remolinera Patagónica *Cinclodes patagonicus* en el sur argentino. *Garganchillo*, 6:9-10.

Libros:

Hayman, P., J. Marchant & T. Parker. 1986. *Shorebirds. An identification guide to the Waters of the World*. Croom Helm Ltd. London, 412 pp. Capítulo de un libro:

De Fina, A.L. 1972. El clima de la región de los bosques andino-patagónicos argentinos. En: Dimitri, M.J. *La Región de los Bosques Andino-Patagónicos – Sinopsis General*. Colección Científica del INTA, 10:35-58.

Las figuras (fotos, dibujos y gráficos) y tablas: las figuras y tablas deberán ser enviadas en archivos separados. Las leyendas de cada figura se colocarán a continuación del glosario bajo el título "leyendas de las figuras" (ej.: Figura 2.- Cría de *Lama guanicoe* (guanaco)).

El número de fotos y dibujos no debe exceder el de 3 (ej.: 2 fotos + 1 dibujo; 3 fotos; 3 dibujos). Las imágenes deberán ser enviadas en archivos separados como JPEG o TIFF indicando en el nombre del archivo a que figura corresponde (ej.: Figura 1). No incluir fotos, ni figuras, ni tablas en el archivo del texto. Para las fotos y dibujos aclarar que si deben indicarse los créditos (es decir la autoría de las mismas).

Los interesados pueden acceder electrónicamente a los distintos números de Macroscopia a través de la edición digital con sitio en la página web del parque nacional www.nahuelhuapi.gov.ar. Asimismo cada autor recibirá 10 ejemplares impresos.

Envío de los artículos: el manuscrito deberá ser enviado por correo electrónico macroscopia@apn.gov.ar, como así también toda consulta relacionada con el manuscrito.

Editor responsable: Intendencia del Parque Nacional Nahuel Huapi

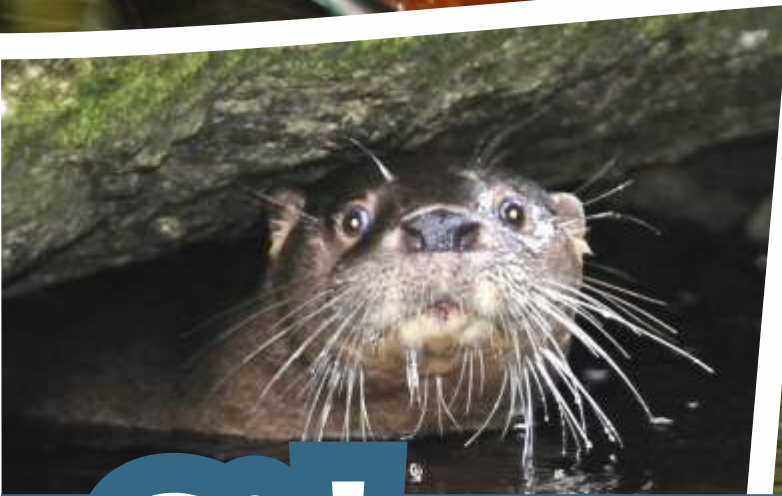
San Martín 24 - (8400) S.C. de Bariloche - Tel.:(02944) 423111 - macroscopia@apn.gov.ar

Directora: Susana Seijas - sseijas@apn.gov.ar

Diseño gráfico: Demián Belmonte - Area de Educación Ambiental PNNH

Foto de tapa: Demián Belmonte

**Tu registro colabora con la conservación
del Huillín y del Pato de los torrentes**



**Si lo ves
¡avisanos!**



Proyecto Conservación del
**PATO DE LOS
TORRENTES**

PARQUE NACIONAL NAHUEL HUAPI



Proyecto Conservación del
HUILLÍN

PARQUE NACIONAL NAHUEL HUAPI

Parque Nacional Nahuel Huapi



Administración de Parques Nacionales

Av. San Martín 24 - (8400) Bariloche - Río Negro - Argentina

Tel.: (02949 4423111 (Interno: 213) - cpozzi@apn.gov.ar / sseijas@apn.gov.ar