



# MACROSCOPIA

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

■ **Eficiencia energética para lograr mejor calidad de vida y cuidar el ambiente**  
Betina Cardoso

■ **Relevamiento satelital de severidad y estimaciones de trayectorias sucesionales de bosques afectados por el Incendio Steffen-Martin 2021-22, PN Nahuel Huapi**

T. Kitzberger, J. Paritsis, J. Gowda, R. González Musso, F. Tiribelli, J. Grosfeld, P. Presti, M. Bari, A. Carp, R. Giménez, M. Lípori

■ **¿Qué sabemos sobre la Gaviota Cocinera que vive en el Lago Nahuel Huapi?**  
Rosciano Natalia G.

■ **Los aportes nutricionales de los hongos comestibles del P.N. Nahuel Huapi**  
Rúgolo M.; González G.; Masera P.; Barroetaveña C.

■ **Factores que afectan las dinámicas de los arroyos andinos del norte de la Patagonia**

Sosnovsky Alejandro, Fernández María Valeria, Rechencq Magalí, Lallement Mailén Elizabeth, Zattara Eduardo Enrique, Cantet Rodolfo Juan Carlos & Feijóo Claudia Silvana



www.cenacbariloche.com.ar

[www.nahuelhuapi.gov.ar/macroscopia](http://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.:(0294) 4423111 - macroscopia2015@gmail.com

## Director:

María Susana Seijas

## Editor en Jefe:

Flavia Quintana

## Equipo Editorial:

Sebastián Ballari  
María Noelia Barrios García Moar  
Gloria Fernandez Cánepa  
Julieta Massafiero  
Horacio Paradela  
Carla Pozzi

## Diseñador gráfico:

Demián Belmonte

## [ INDICE ]

### **Eficiencia energética para lograr mejor calidad de vida y cuidar el ambiente**

Betina Cardoso ..... 3

### **Relevamiento satelital de severidad y estimaciones de trayectorias sucesionales de bosques afectados por el Incendio**

Steffen-Martin 2021-22,  
Parque Nacional Nahuel Huapi  
Thomas Kitzberger, Juan Paritsis, Juan Gowda,  
Romina González Musso, Florencia Tiribelli,  
Javier Grosfeld, Paula Presti, Marcelo Bari,  
Anabella Carp, Roxana Giménez, Mariana Lipori ..... 8

### **¿Qué sabemos sobre la Gaviota Cocinera que vive en el Lago Nahuel Huapi?**

Rosciano Natalia G. .... 15

### **Los aportes nutricionales de los hongos comestibles del Parque Nacional Nahuel Huapi**

Rugolo M.; González G.; Masera P.; Barroetaveña C. .... 23

### **Factores que afectan las dinámicas de los arroyos andinos del norte de la Patagonia**

Sosnovsky Alejandro, Fernández María Valeria,  
Rechencq Magalí, Lallement Mailén Elizabeth,  
Zattara Eduardo Enrique, Cantet Rodolfo Juan Carlos  
& Feijoó Claudia Silvana ..... 30

Foto de tapa: Gabriela Gozález



# Eficiencia energética para lograr mejor calidad de vida y cuidar el ambiente

## Betina Cardoso

Universidad Nacional del Comahue, Instituto Andino Patagónico de Tecnologías Biológicas y Geoambientales (IPATEC-CONICET).  
e-mail: betinacardoso@comahue-conicet.gov.ar  
Dra. en Biología, Investigadora Adjunta CONICET  
Colaboradora en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Campus Morelia.

### [ Resumen ]

Se estudiaron los cambios en el uso de energía en viviendas rurales de la Patagonia en relación a un programa estatal que intenta reemplazar la leña para calefacción por gas licuado de petróleo (GLP) en comunidades energéticamente vulnerables. El estudio se realizó en la comunidad de Laguna Blanca, provincia de Río Negro ubicada en la estepa patagónica a 200 km de la ciudad de Bariloche. Se visitaron las viviendas del paraje en las cuales se identificó el consumo de combustible para calefacción y su calidad constructiva. Los resultados se han cuantificado en relación al consumo energético de combustibles para calefacción antes y después de la implementación del GLP en relación a la calidad de la aislación de las viviendas. Se observó que antes de la intervención en promedio una vivienda del paraje consumía 7.650 kg anuales de leña para calefacción y 60 kg de GLP para cocción. Luego de la instalación del GLP para calefacción, el uso de leña continuó con 3.900 kg anuales, más 2.895 kg de GLP. En relación a la calidad térmica, las viviendas unifamiliares fueron construidas sin medidas de eficiencia energética, presentando estructuras de concreto reforzado, ladrillos de arcilla cocida, techos de metal y ventanas de vidrio simple. Se determinó que el subsidio al GLP para una vivienda durante 2,2 años, podría utilizarse para mejorar su calidad y aislación, lo cual reduciría el 50% el consumo de gas y mejoraría sustancialmente la calidad de vida de las personas.

### Contribución al Parque Nacional Nahuel Huapi



Este estudio se centra en el consumo de combustibles para calefacción, consideraciones respecto a eficiencia energética residencial y la necesidad de establecer un compromiso para el desarrollo de políticas públicas que mejoren el confort térmico de las viviendas. Alcanzar un umbral aceptable de eficiencia energética en viviendas y edificios, mejora la calidad de vida de las personas, alivia la economía doméstica, disminuye la demanda de combustibles y la deforestación, y evita la emisión de gases de efecto invernadero al ambiente. Este artículo se extiende principalmente para todos los habitantes del parque nacional, como son comunidades de pueblos originarios, pobladores criollos y propietarios privados.

### [ Abstract ]

Changes in energy use in rural households in Patagonia were studied in relation to a state program that attempts to replace firewood for heating with liquefied petroleum gas (LPG) in energetically vulnerable communities. The study was carried out in the community of Laguna Blanca, province of Río Negro, located in the Patagonian steppe to 200 km from the city of Bariloche. The houses of the area were visited in which the consumption of fuel for heating and its constructive quality were identified. The results have been quantified in relation to the energy consumption of heating fuels before and after the implementation of LPG in relation to the thermal quality of the households. It was observed that before the intervention, an average household in the area consumed 7,650 kg of firewood per year for heating and 60 kg of LPG for cooking. After the installation of LPG for heating, the use of firewood continued with 3,900 kg per year plus 2,895 kg of LPG. In relation to thermal quality, single-family houses were built without energy efficiency measures, presenting reinforced concrete structures, fired clay bricks, metal roofs and simple glass windows. It was determined that the spending allocated to the LPG subsidy for a household for 2.2 years could be used to improve its quality and insulation, which would reduce gas consumption by 50% and substantially improve people's quality of life.



## Eficiencia energética y calidad térmica de las viviendas en Patagonia

En Argentina aproximadamente el 60% de la población urbana se encuentra conectada a la red de gas natural para suplir las necesidades de cocción, calentamiento de agua sanitaria y calefacción, principalmente en las zonas más frías del país como es la Patagonia. Sin embargo, se ha demostrado que la falta de aislación térmica adecuada conduce a mantener una temperatura confortable a través de un gran consumo de energía. La demanda energética para calefacción está determinada por las diferencias de temperatura entre el interior y el exterior de la vivienda y además por la calidad de la aislación térmica en relación al material de las envolventes o materiales que la cubren y protegen del exterior. Por lo tanto, en las zonas de climas fríos es necesario aumentar la eficiencia térmica de los hogares, de manera de utilizar la menor cantidad posible de energía para mantener una temperatura constante, confortable y uniforme. Esto no sólo mejora la calidad del ambiente interior y exterior, sino que genera una menor demanda de energía y disminuye el gasto familiar en la compra de combustibles.

Una construcción adecuada debería utilizar materiales sensibles al clima, de lo contrario los consumos energéticos son muy altos, tanto en zonas frías para calefacción, como en zonas donde la temperatura es muy elevada y aumenta la demanda de aires acondicionados. En el noroeste de Patagonia y en las mismas latitudes de Chile, hay estudios que se han enfocado en estimar la eficiencia energética doméstica y han revelado que las necesidades energéticas son reducidas por la implementación de medidas de eficiencia térmica (González, 2014a; 2014b; Schueftan et al., 2016).

En general las viviendas no se encuentran bien adaptadas para la mantención de una temperatura interna confortable entre 18 y 20°C (Organización Mundial de la Salud, OMS) con un gasto mínimo de energía, es decir carecen de eficiencia energética, y esto es independiente de los dispositivos con los que cuentan para calefaccionar (calefactores de tiro balanceado, calderas, paneles eléctricos o estufas a leña). La falta de políticas generales sobre eficiencia energética permite llevar adelante construcciones ineficientes más allá de los materiales que se utilicen. Debido a las propiedades físicas de los distintos materiales y a las técnicas de construcción se conoce que en estas condiciones las pérdidas de calor por la envolvente son muy elevadas, especialmente por los techos, sumando las infiltraciones en ventanas y puertas. En los casos donde la calefacción es a base de leña o gas licuado de petróleo (GLP) (zonas periurbanas y rurales principalmente), los integrantes mantienen calientes los comedores o las cocinas dando prioridad a los espacios más concurridos por los miembros de la familia, debido a los costos de estos combustibles (Schueftan et al., 2016; Cardoso y González, 2019), sin embargo esto no es cómodo para el desarrollo de las actividades necesarias del núcleo familiar como por ejemplo la necesidad de realizar tareas escolares en las habitaciones. Como lo demuestran los consumos de energía, se necesitan grandes cantidades de combustibles para mantener condiciones de confort térmico en los hogares de los largos inviernos patagónicos.

## Principales combustibles cuando no existe red de gas natural

Los subsidios aplicados en la instalación y provisión de gas natural o gas de red son necesarios para sostener la economía y mejorar la calidad de vida de las personas en las zonas frías como es la Patagonia. Las poblaciones que no se encuentran conectadas a la red de gas natural utilizan leña y/o GLP, es decir, un recurso renovable y un recurso de origen fósil. Lo cierto es que gran parte de la leña que se utiliza para calefaccionar en Argentina es la llamada "leña dura" (algarrobo, molle, quebracho, entre otras especies) debido a que es más densa y con mayor duración de la brasa (mayor poder calorífico), esto significa que permite mayor emisión de calor por más tiempo que una "leña blanda" (sauce, álamos) que contiene mayor contenido de humedad (Cardoso et al., 2015). La leña dura proviene de especies de árboles nativos de diferentes regiones del país, principalmente aquellas que deberían encontrarse bajo protección, por ejemplo, el monte chaqueño, los algarrobos de Santiago del Estero o incluso los árboles nativos de la región norpatagónica, entre otros. La compra y venta de leña suele realizarse en mercados informales, y probablemente se mantenga en ese estado debido a que una posible certificación generaría aumento en los costos. Por otro lado, las garrafas de GLP en el ámbito residencial se utilizan principalmente para cocinar, dado que sus costos son muy elevados para ser utilizado como fuente de calefacción, y además es necesario tener en cuenta la escasez de envases de 10 kg y las dificultades en su provisión. En fin, si el 60%

de la población cuenta con gas de red, un 40% necesita calefacción con combustibles alternativos.

## Modelo de uso múltiple de combustibles en la transición energética

Si bien existen avances y esfuerzos por fomentar procesos de transición energética hacia las energías limpias o hacia un uso combinado de combustibles, un gran número de comunidades en el mundo sufren un estado de vulnerabilidad energética, y esto conduce a la importancia de estudiar con profundidad el uso residencial de la energía y sus problemáticas asociadas.

Los estudios muestran que no necesariamente hay una relación directa entre el tipo de combustible y el nivel de ingresos de una familia, sino que el combustible utilizado depende del recurso que se encuentre al alcance y/o la seguridad de obtención (van der Kroon et al., 2013; Cardoso y González, 2019).

La sustitución de combustibles es más factible en las zonas con mayores oportunidades, donde se observa el uso de dispositivos más eficientes, pero es necesario contar con un cambio en el entorno social además de económico (Cardoso et al., 2013). En este sentido, las familias no sustituyen un combustible tradicional como es la leña por uno moderno a manera de reemplazo, sino que adquieren una estrategia de uso múltiple de combustibles en la cual se incorporan nuevos recursos y tecnologías/dispositivos como complemento a las ya existentes. Estos dispositivos o innovaciones son integrados a los tradicionales y el consumo de cada combustible está determinado por su disponibilidad, sus características, por el dispositivo de uso final, por los contextos socio-culturales y de políticas públicas tanto nacionales como regionales (Maser et al., 2000; Hiemstra-van der Horst y Hovorka, 2008; Schueftan et al., 2016; Cardoso y González, 2019).



Juntando sauce (*Salix fragilis*) en el campo



Leña finita de michay (*Berberis microphylla*)



Molle colorado (*Schinus johnstonii*)

## ¿Transición energética? un caso de estudio en norpatagonia

### Planteamiento del problema

Los pobladores rurales de la Región Sur de la Provincia de Río Negro en el noroeste de patagonia se encuentran afectados por carencias de infraestructura, bajos ingresos y fenómenos climáticos que ponen al descubierto su vulnerabilidad: 1) las consecuencias de la erupción volcánica del Puyehue-Cordón Caulle de 2011, que provocó graves daños a la economía de subsistencia rural; 2) la falta de leña en la región, agravada por la sequía de la última década y por la ceniza volcánica; 3) nevadas intensas y tardías que provocan grandes pérdidas de ganado ovino, principal actividad económica e incertidumbre en la población; 4) inviernos con temperaturas que llegan a  $-10^{\circ}\text{C}$  y sin reparo; 5) falta de eficiencia térmica en las viviendas.

En la provincia de Río Negro la población urbana en general se encuentra conectada a la red de gas natural, servicio altamente subsidiado, no así el GLP que posee subsidios intermitentes, pero de todas maneras su precio llega a ser 8 veces mayor al del gas de red. En general y manteniendo una forma de vida de subsistencia, las familias rurales de la región norpatagónica calefaccionan sus viviendas con leña, un recurso renovable cada vez más escaso y acompañado de un mercado informal (Cardoso et al., 2012; 2013). Es importante detenerse en el concepto de eficiencia energética y poder hablar de la falta de aislación térmica en las envolventes de las viviendas, la cual conduce a una gran demanda energética para mantener una temperatura confortable en la región patagónica. Por medio de una investigación local se analizó en detalle el consumo de leña (kg) y gas envasado GLP (kg) para calefacción, en relación a la calidad térmica de las viviendas de la comunidad rural de Laguna Blanca de la Región Sur (Figura 1). Se obtuvieron resultados relevantes y extrapolables a los hogares que se encuentren en otros ambientes similares de la región patagónica.

### Métodos de colección de datos

La información etnográfica en la región comenzó en el año 2009 pero los datos para esta investigación sobre la transición energética, el consumo de GLP y la calidad térmica fueron recolectados en el 2016. Estudios anteriores en la región han abordado la problemática sobre el uso de leña como eje principal, revelando los factores socio-económicos que influyen en la recolección y consumo de

este recurso en la vida de subsistencia y teniendo en cuenta las características ambientales del lugar (Cardoso et al., 2012; 2013; 2015).

Las entrevistas se realizaron a través de observación y entrevistas en profundidad, teniendo en cuenta la complejidad de esta metodología en el compromiso de la repregunta y reflexión en cada uno de los actos como propone Guber (2001; 2004). Las entrevistas se realizaron en las viviendas del paraje y las preguntas se orientaron principalmente al consumo de biomasa leñosa y GLP. Para analizar los datos sobre la calidad térmica de las viviendas las preguntas fueron enfocadas a los materiales de construcción y su disposición.

### Principales hallazgos

Desde el año 2014 el gobierno de la Provincia de Río Negro desarrolla un programa de distribución de GLP (100% subsidiado + 1 calefactor por vivienda) a algunas comunidades rurales de la Región Sur por ejemplo el paraje Laguna Blanca, para reemplazar el uso de leña y ayudar a disminuir los gastos de combustible para aliviar la economía doméstica.

Las políticas sobre el reemplazo de combustible contribuyeron positivamente, siendo un proceso de ayuda social a un sector vulnerado que redujo rápidamente su gasto en combustibles para calefacción. Se encontró un excesivo consumo de leña para calefacción antes de la intervención con GLP (Tabla 1), en comparación con viviendas urbanas y semi-rurales de la patagonia argentina y chilena. Los resultados de las tablas corresponden al pesado de leña y GLP, información obtenida por la autora.

Luego de la intervención, también se encontró un excesivo consumo de GLP para calefacción, además del continuado uso de leña (Tabla 2).

En la figura 2 puede observarse el consumo total de energía expresada en GJ/kg de combustible, luego de la implementación de GLP, la cual muestra un mayor consumo energético para calefacción.

La calidad térmica de las viviendas es muy baja, con significativas entradas de aire por puertas, ventanas y techos. Este resultado demuestra que no sólo existe una alta demanda de combustible, sino que es muy difícil mantener una temperatura confortable entre  $18^{\circ}\text{C}$  y  $21^{\circ}\text{C}$ .

Realizando las mejoras térmicas adecuadas en las viviendas, no sólo se reduciría el consumo de combustibles y aumentaría el confort, sino que la Provincia de Río Negro recuperaría la inversión en 2,2 años (teniendo en cuenta el gasto de GLP actual subsidiado al 100%).

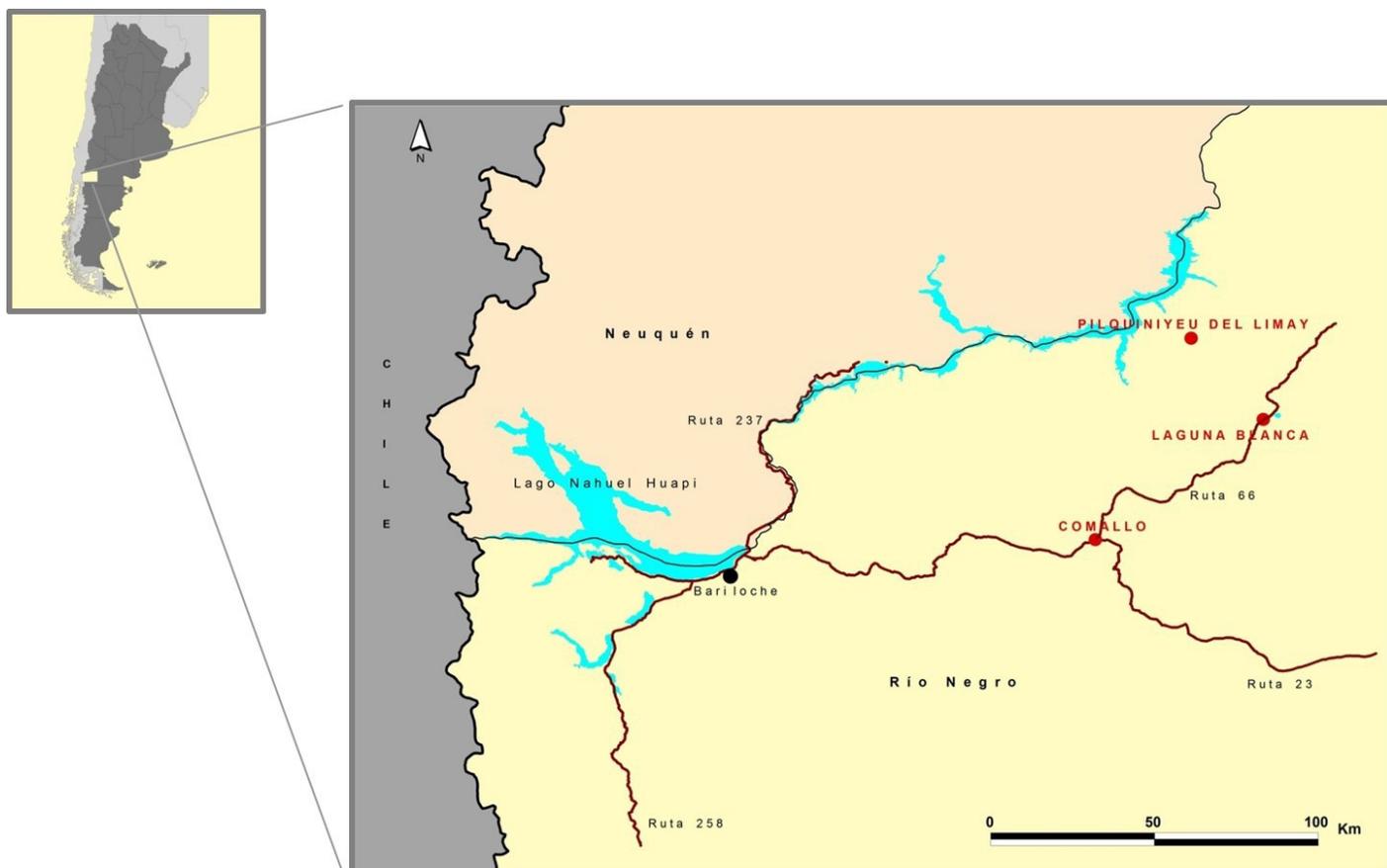


Figura 1: Localización del área de estudio.

## Confort térmico

El requerimiento de GLP luego de la intervención implica un consumo más alto en unidades energéticas en comparación con los consumos de leña previos al programa de subsidios. En ambos casos el consumo es muy alto, y es consecuencia de la falta de eficiencia térmica. Por ejemplo, en la ciudad de Bariloche y en viviendas urbanas con provisión de gas natural, de 100m<sup>2</sup> se encontró un menor consumo energético anual para calefacción que en las viviendas de Laguna Blanca, aunque tampoco cuentan con un buen aislamiento térmico (González et al., 2007).

Las viviendas de Laguna Blanca no están adaptadas al clima frío patagónico: no tienen revestimientos, sólo poseen ladrillos cocidos y estuco del lado interno; las ventanas son de chapa o madera con vidrio simple y presentan serias filtraciones de aire; las puertas son de madera con grietas y separaciones que facilitan aún más la filtración de aire en la vivienda; los techos están contruidos con vigas de madera sobre las cuales se coloca una lámina de

cartón embreado y por encima se clava el cerramiento del techo, en algunos casos de chapa galvanizada y en otros de enchapado de cartón embreado de forma sinusoidal. Debido a las propiedades físicas de los distintos materiales y a las técnicas de construcción es que se conoce que en estas condiciones las pérdidas de calor por la envolvente son muy elevadas, especialmente por los techos, sumando las infiltraciones en ventanas y puertas, y esto también pasa en las viviendas de Bariloche conectadas al gas de red. Los detalles de los materiales de construcción de las viviendas y los materiales requeridos para las mejoras se detallan en Cardoso y González (2019).

## Ventajas y desventajas en la transición hacia el uso de GLP

Las mejoras que observamos con el cumplimiento del GLP en relación a la calidad de vida son: que los pobladores no necesitan salir todos los días a recolectar leña, que el calefactor al tener salida exterior (tiro balanceado) no libera humo dentro de la vivienda y que se observa un beneficio económico en el ámbito privado debido a que los usuarios

no necesitan pagar la recarga. Sin embargo, los beneficios podrían ser mayores si se implementaran mejoras en la aislación térmica de las viviendas en todo sentido. Esto se traduciría en un ahorro muy importante en el sector público, quien en este momento paga por el GLP y lo hace a un costo elevado debido a las distancias recorridas, al tipo de gas entregado y a los altos consumos.

Los usuarios utilizan los dos dispositivos, el calefactor y además la cocina de leña para complementar la calefacción del ambiente. Sin embargo, la persistencia en el uso de leña también puede deberse a que la recarga de GLP no es un recurso seguro, sino que genera una dependencia externa creando inseguridades con respecto a la provisión, teniendo en cuenta los inconvenientes climáticos de la región. De esta manera, los pobladores continúan utilizando leña como un recurso requerido debido a su poder calórico y como recurso complementario ante cualquier eventualidad. Así se observa la necesidad de tener en cuenta un modelo mixto de uso de dispositivos y fuentes, de manera de abordar una complementariedad energética.

## Subsidios

De acuerdo a esta investigación es posible observar que subsidios aplicados en la instalación y provisión de GLP en Laguna Blanca son necesarios para sostener la economía y mejorar la calidad de vida de una población en situación de vulnerabilidad energética. Los subsidios al consumo de energía deberían ser una herramienta ocasional de urgencia para la población de bajos ingresos en general, con la posibilidad de reemplazarlo con subsidios orientados a la eficiencia energética. En este caso de estudio el subsidio del sector público asume el costo del 100% para reemplazar la leña. De todos modos, no se resuelve el problema de poder mantener una temperatura interna constante en las viviendas, de manera de contar con ambientes confortables la mayor parte del invierno. Cabe destacar la voluntad del Estado y la inversión significativa que éste realiza. Sin embargo, intentar abordar la temática de manera estructural y promover la eficiencia energética conduciría a menores costos públicos y mayores beneficios a quienes va dirigido el programa. El paraje de Laguna Blanca también se favorecería con un programa de capacitación en el estudio sobre los materiales de las envolventes, y el trabajo de la aislación térmica en las viviendas, haciendo partícipes a los integrantes locales. Esta iniciativa podría formar parte de políticas públicas las cuales, a su vez, podrían replicarse a otras comunidades de la región.

## Recomendaciones generales

Conociendo la situación energética de la región se recomienda para todas las viviendas: a) aislación térmica de las viviendas para mantener una temperatura confortable y constante de 18°C a 21°C (Organización Mundial de la Salud); b) reforzar los programas para el acceso a las distintas formas de energía para calefacción, ya sea GN, GLP, leña o electricidad. Los hogares se satisfacen a través de un modelo de uso múltiple de combustibles de acuerdo a la disponibilidad de los mismos; c) realizar monitoreo de los dispositivos de uso para calefacción y cocción, en usuarios exclusivos de leña o usuarios mixtos (leña + GLP). Dispositivos deteriorados que generan emisiones dentro de las viviendas podrían aumentar la susceptibilidad de las personas a enfermedades respiratorias y problemas en los ojos.

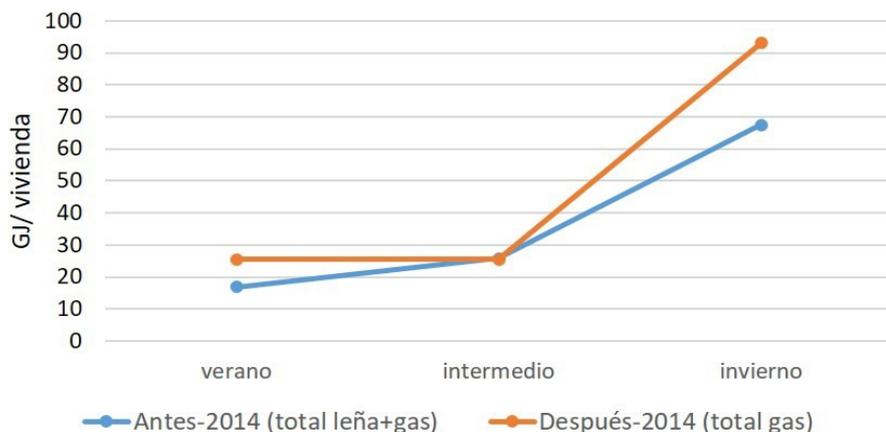


Figura 2: Energía promedio para calefacción (GJ/kg) en una vivienda del paraje de Laguna Blanca, antes y después de la intervención con GLP para calefacción.

| COMBUSTIBLE | LEÑA     |                                  |                                  |                                | GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP) |            |          |
|-------------|----------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------|----------|
|             | ESTACIÓN | 6 meses de invierno<br>26 kg día | 3 meses intermedios<br>20 kg día | 3 meses de verano<br>13 kg día | Total anual                   | Kg mensual | Kg anual |
| PARAJE      |          | 4.680                            | 1.800                            | 1.170                          | 7.650                         | 5          | 60       |
| CAMPO       |          | 4.056                            | 1.560                            | 1.014                          | 6.630                         | 30         | 360      |

Tabla 1: Consumo de leña y GLP, antes de la implementación del programa de GLP para calefacción.

| COMBUSTIBLE | GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP) |   |   |                                       | LEÑA        |            |          |
|-------------|-------------------------------|---|---|---------------------------------------|-------------|------------|----------|
|             | ESTACIÓN                      | 6 meses de invierno<br>200 kg c/19 días | 3 meses intermedios<br>200 kg c/30 días | 3 meses de verano<br>200 kg c/45 días | Total anual | Kg mensual | Kg anual |
| PARAJE      |                               | 1.895                                   | 600                                     | 400                                   | 2.895       | 325        | 3.900    |
| CAMPO       |                               | -                                       | -                                       | -                                     | 360         | 552,5      | 6.630    |

Tabla 2: Consumo de GLP para calefacción luego de la implementación del programa.

## Reflexiones finales

Hay un carácter de urgencia en la transición justa y la asequibilidad de los servicios energéticos, en el cual las vulnerabilidades deberían abordarse de manera situada en el contexto-ambiente. Para ello se requiere de acciones específicas que incluyen el suministro de información, mecanismos ágiles de financiación, inversión en infraestructura energética, subsidios focalizados y co-participación de los usuarios. La vulnerabilidad energética va de la mano con la ineficiencia térmica. Pensar en la eficiencia energética de las viviendas rurales y urbanas, la producción y consumo de energías renovables locales, y su distribución equitativa, es transversal para los demás derechos básicos como son el acceso a la educación o la salud. La transición energética debe ser abordada teniendo en cuenta los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030 (ODS7 energía asequible y no contaminante; ODS10 reducción de desigualdades y ODS11 ciudades y comunidades sostenibles) e intentar cubrir las necesidades insatisfechas y orientar el consumo a energías limpias o menos contaminantes. Como se explicó con anterioridad, la transición no es lineal, sino que las familias adquieren múltiples estrategias en la elección de los recursos/combustibles para los dispositivos/tecnologías de uso final.

## Agradecimientos

Agradezco profundamente a los habitantes del paraje de Laguna Blanca por su amabilidad, por compartir sus conocimientos y por su hospitalidad, y al Dr. Alejandro González por transmitirme la importancia de ver a la eficiencia energética como punto de partida para enfrentar el cambio climático.

**Palabras clave:** calefacción, combustible leñoso, gas licuado de petróleo, vulnerabilidad energética, aislamiento térmico, norpatagonia.

## Bibliografía consultada

Cardoso, M. B., Ladio, A. H. y Lozada, M. 2013. Fuelwood consumption patterns and resilience in two rural communities of the northwest Patagonian steppe, Argentina. *Journal of Arid Environments*. 98, 146-152.

Cardoso, M. B., Ladio, A. H., Dutrus, S. y Lozada, M. 2015. Preference and calorific value of fuelwood species in rural populations in northwestern Patagonia. *Biomass and Bioenergy* 81, 514-520.

Cardoso, M. B. y A. González. 2019. Residential energy transition and thermal efficiency in an arid environment of northwest Patagonia, Argentina. *Energy for Sustainable Development* 50: 82-90.

González, A. D. 2014a. Casas confortables con mínimo uso de energía: estudio de casos prácticos para Argentina y Chile. San Carlos de Bariloche. 133 pp.

González, A. D. 2014b. La importancia de la construcción eficiente en la Patagonia. Desde la Patagonia: Difundiendo Saberes. 11 (18), 38-45.

Hiemstra-van der Horst, G. y Hovorka, A. J. 2008. Reassessing the "energy ladder": Household energy use in Maun, Botswana. *Energy Policy*, 36 (9), 3333-3344.

Guber, R. 2001. La etnografía. Método, campo y reflexividad. Enciclopedia Latinoamericana de Sociocultura y Comunicación, Norma, Bogotá, Colombia, 1ª edición, 146 p.

Guber, R. 2004. El salvaje metropolitano. Reconstrucción del conocimiento social en el trabajo de campo. Paidós. Serie de Estudios de Comunicación, Buenos Aires, Argentina, 1ª edición, 220 pp.

Masera, O. R., Saatkamp, B. D. y Kammen, D. M. 2000. From linear fuel switching to multiple cooking strategies: a critique and alternative to the energy ladder model. *World development*, 28(12), 2083-2103.

Organización Mundial de la Salud. <https://www.who.int/es>

Schueftan, A., Sommerhof, J. y González, A. D. 2016. Firewood demand and energy policy in southcentral Chile. *Energy for Sustainable Development* 33, 26-35.

Van der Kroon, B., Brouwer, R., Pieter van Beukering, J. H. 2013. The energy ladder: Theoretical myth or empirical truth? Results from a meta-analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 20, 504-513.

## Glosario

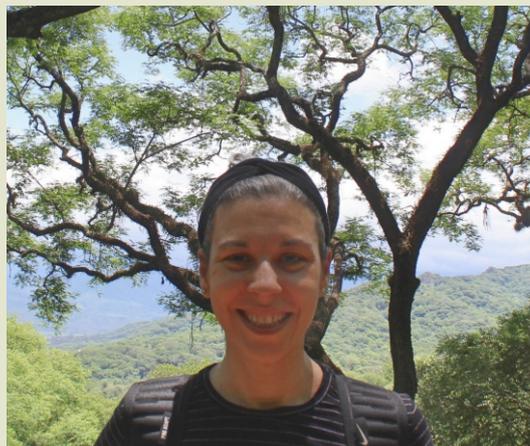
**Eficiencia energética:** La utilización de menor energía posible para mantener las condiciones adecuadas y confortables dentro de una vivienda o espacio habitado.

**Entrevistas o metodología etnográfica:** Método de investigación en el cual se basan las entrevistas a una población, para describir y analizar lugares y prácticas en relación a su entorno, y diferentes factores que afectan su modo de vida.

**ODS:** Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible fueron adoptados por las Naciones Unidas en 2015 y buscan erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la vida para todos aproximadamente hasta el 2030. Cada objetivo aborda temas y metas específicas.

**Transición energética:** Cambio en el uso de la energía, desde combustibles de origen fósil a energías renovables y/o limpias. Apunta a cambios mayores como modelos de producción y distribución de la energía y a políticas relacionadas a la eficiencia energética en general.

**Vulnerabilidad energética:** Carecer de un acceso equitativo a servicios energéticos de alta calidad para cubrir las necesidades fundamentales y básicas para sostener la vida, y que permitan sostener el desarrollo humano y económico de sus miembros.



## Betina Cardoso

Lic. en Biología y Dra. en Biología en la disciplina Etnoecología (Universidad Nacional del Comahue) e investigadora Adjunta de CONICET en el Instituto Andino Patagónico de Tecnologías Biológicas y Geoambientales (IPATEC). Ha investigado sobre el conocimiento local como herramienta de análisis, para patrones de uso y consumo de biomasa leñosa, indicadores de resiliencia ecológico-social y políticas públicas en comunidades rurales de la estepa norpatagónica. Estancia en México (2016-2018) en el Lab. de Bioenergía del IIES-Universidad Nacional Autónoma de México, Morelia, realizando análisis de consumo de biomasa sólida y adopción de ecotecnologías en comunidades rurales de Michoacán". Profesora Titular Invitada durante dos semestres (2017 y 2018) de la materia Bioenergía de la Escuela Nacional de Enseñanza Superior, Campus Morelia, UNAM. Entre los temas actuales de investigación se encuentran: Transición energética - Eficiencia energética - adopción y uso de ecotecnologías de biomasa - consumo y uso de combustibles para calefacción y cocción - Emisiones GEI - Etnoecología.

# Relevamiento satelital de severidad y estimaciones de trayectorias sucesionales de bosques afectados por el Incendio Steffen-Martin 2021-22, Parque Nacional Nahuel Huapi

Thomas Kitzberger<sup>1</sup>, Juan Paritsis<sup>1</sup>, Juan Gowda<sup>1</sup>,  
Romina González Musso<sup>1</sup>, Florencia Tiribelli<sup>1</sup>,  
Javier Grosfeld<sup>2</sup>, Paula Presti<sup>2</sup>, Marcelo Bari<sup>3</sup>,  
Anabella Carp<sup>3</sup>, Roxana Giménez<sup>2</sup>, Mariana Lípori<sup>4</sup>

<sup>1</sup> INIBIOMA-CONICET/Universidad Nacional del Comahue, S. C. Bariloche (RN), Argentina

<sup>2</sup> Dirección Regional Patagonia Norte - Administración de P.N.

<sup>3</sup> Parque Nacional Nahuel Huapi - Administración de P.N.

<sup>4</sup> Dirección Nacional de Conservación - Administración de P.N.

## [ Resumen ]

Este trabajo evalúa la severidad del Incendio Steffen-Martin ocurrido en el Parque Nacional Nahuel Huapi entre diciembre del 2021 y abril del 2022. La severidad de un incendio es un descriptor del impacto ambiental del fuego y un factor determinante para explicar la respuesta del ecosistema a este disturbio. Se utilizaron imágenes satelitales (Sentinel 2) para estimar un índice de severidad del fuego utilizando las categorías sugeridas por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). También se realizó un análisis de las posibles trayectorias de los ecosistemas boscosos distinguiendo entre áreas de posible regeneración natural y áreas de potencial pérdida del bosque. De acuerdo a las estimaciones realizadas con herramientas de teledetección satelital, el incendio abarcó un total de 8.363 hectáreas y los tipos forestales más afectados fueron (en orden decreciente) los bosques mixtos de coihue y ciprés, bosques de coihue, matorrales mixtos, bosques de lenga, ñirantales, bosques de ciprés, arbustales nativos, herbáceas y subarbustos, eriales y vegetación exótica. De no mediar acciones de restauración activa, aproximadamente 38% de la superficie original de bosques se perderían, es decir que serían reemplazadas por otros ecosistemas como matorrales o pastizales, mientras que 62% de la superficie original de bosques en el largo plazo podrían recuperar su composición original a través de mecanismos de regeneración natural. Se enumeran acciones para la restauración y el monitoreo de las áreas afectadas. Por último, se enfatiza que la sistematización del relevamiento de severidad y pérdida potencial de tipos forestales aplicada en este trabajo resulta útil como marco de acción para aplicar en futuros incendios en la región Andino Patagónica.

## [ Abstract ]

This work evaluates the forest fire severity of the Steffen-Martin fire, which occurred in Nahuel Huapi National Park between December 2021 and April 2022. Fire severity is a descriptor of environmental fire impact and a determining factor to explain the response of the ecosystem to this disturbance. Satellite images (Sentinel 2) were used to estimate a fire severity index using the categories suggested by USGS. An analysis of the possible trajectories of forest ecosystems was also performed, distinguishing between possible natural regeneration and potential forest loss areas. According to estimates made with satellite remote sensing tools, the fire covered a total of 8.363 hectares, and the most affected forest types were (in decreasing order) mixed coihue and cypress forests, coihue forests, mixed shrublands, lenga forests, ñirantales, cypress forests, native shrublands, herbaceous and sub-shrubs, wastelands and exotic vegetation. With no active restoration, about 38% of the original forest area would be lost, being replaced by other ecosystems such as scrub or grassland. In comparison, 62% of the initial forest area could recover its original composition through natural regeneration mechanisms over a long-term period. Actions for restoration and monitoring of affected areas are listed. It is emphasized that the systematization of the survey of severity and potential loss of forest types applied in this work is helpful as an action framework for future fires in the Andean Patagonian region.

## Contribución al Parque Nacional Nahuel Huapi



El trabajo presenta la aplicación de una herramienta sencilla, de utilidad para el análisis primario del impacto ambiental de los incendios en el Parque Nacional (PN) y en las áreas protegidas de la región. Además, ofrece recomendaciones de restauración y rehabilitación ambiental para el incendio de mayor superficie del PN a pocos meses de sucedido, siendo un apoyo para el trabajo de las áreas técnicas del parque.



## Introducción

Este trabajo evalúa la severidad del Incendio Steffen-Martin ocurrido en el Parque Nacional Nahuel Huapi (PNNH) entre diciembre del 2021 y abril del 2022. Este Gran Incendio Forestal (GIF) afectó unas 8000 hectáreas y fue causado por una tormenta de rayos el 7 de diciembre de 2021. Este es el incendio de mayor superficie registrado en el PNNH desde su creación y comparte características con otros GIF ocurridos en el bosque andino patagónico: inician en las zonas más húmedas del ambiente donde hay mayor carga de combustible, afectan el gradiente de vegetación desde el bosque húmedo hasta el ecotono, presentan gran intensidad y velocidad de propagación, gran desarrollo de columnas convectivas, saltan barreras naturales (lagos, ríos) y no pueden ser controlados por los medios de extinción hasta el fin de la temporada de incendios. Los incendios forestales pueden alterar desde la estabilidad de los ecosistemas, cambiando su estructura y composición, hasta los bienes y servicios que estos bosques prestan. La cantidad y duración de la transferencia de calor determina la severidad del impacto, y conocer esta información es importante para mantener los ecosistemas a largo plazo (Neary et al. 2015) y orientar la gestión de su conservación. No existe una definición unívoca de la severidad del fuego (Keeley 2009), sin embargo, usualmente este término se emplea para referirse al nivel de daño o perturbación causada por el fuego en la totalidad del ecosistema o en alguna de sus características. Se considera un descriptor de impacto ambiental y un factor determinante para explicar la respuesta del ecosistema al fuego (Lentile et al. 2006; Neary et al. 2015).

El objetivo general de este trabajo es realizar un primer análisis de la afectación de la vegetación por el Incendio Steffen-Martin utilizando sensores remotos para estimar un índice de severidad, con el fin de obtener un análisis temprano del potencial daño ocurrido en el sector, a escala de paisaje y por unidades vegetales. Junto al análisis de severidad, se aporta también un análisis de las posibles trayectorias de los ecosistemas boscosos distinguiendo entre áreas de posible regeneración natural y áreas de potencial pérdida del bosque y reemplazo por otras comunidades no arbóreas.

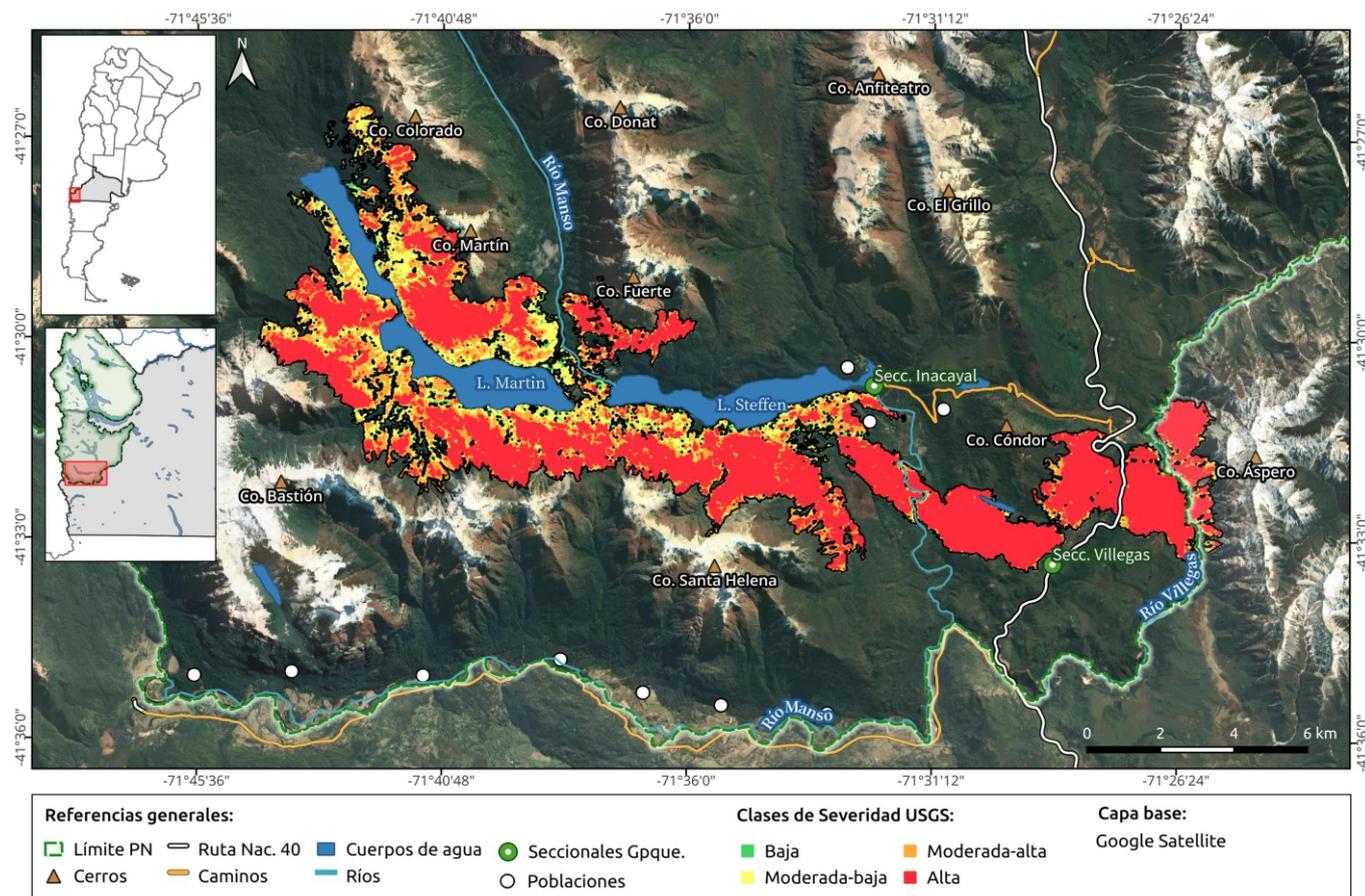
Finalmente se ofrecen conclusiones y recomendaciones útiles para la toma de decisiones tendientes a recuperar el área afectada en el marco de un Plan de Rehabilitación establecido por autoridades y agentes de conservación.

## Descripción del área de estudio y comportamiento general del fuego

En la zona sur del PNNH se encuentra un valle estrecho entre laderas con fuertes pendientes, ocupado por los lagos Martin y Steffen que se caracteriza por su baja altitud (500 msnm) y por estar rodeado de cerros de más de 2.000 msnm. Previo al incendio, el área presentaba bosques de ciprés, coihue, mixtos de coihue-ciprés, especies valdivianas, lenga y matorrales de ñire y caña con otras especies arbustivas. Algunos sectores presentaban ejemplares de alerces y arrayanes, mientras que en otros se observaban pastizales, mallines y eriales rocosos. Existe un único acceso vehicular con horarios de ingreso y egreso, una seccional de guardaparque y tres poblaciones representadas por las familias Montero, Schvoumker y Figueroa, que realizan actividad ganadera mayormente extensiva, y brindan servicios turísticos. Como antecedente se registra un incendio en 1907 que habría afectado gran parte de la cuenca del Río Manso Medio e Inferior, incluyendo los actuales parajes de El Manso y Villegas, como así también, los asentamientos de las poblaciones actuales del Steffen. El área circundante al Lago Steffen pertenece a la categoría de conservación de "Parque Nacional", mientras que el área del Lago Martin y cerros circundantes a la de "Reserva Natural Estricta", siendo ésta última la máxima categoría de conservación de la Administración de Parques Nacionales (APN). Esta designación se debe al buen estado de conservación de sus bosques y su biodiversidad particular, asociada a antiguos bosques mixtos de coihue-ciprés y flora valdiviana (Plan de Gestión del Parque Nacional Nahuel Huapi, 2019), que le confieren el carácter de área intangible, por lo cual no hay sendas ni uso público en este sector y el acceso es sólo lacustre. A su vez, el área pertenece a la zona centro de la Reserva de Biósfera Andino Norpatagónica (UNESCO).

El incendio estuvo activo desde finales de la primavera a comienzos del otoño austral. Se inició el 7 de diciembre de 2021 a causa de una tormenta eléctrica que generó 4 focos: 3 sobre el cerro Bastión, en la margen S del Lago Martin, y uno sobre el cerro Santa Elena, en la margen S del Lago Steffen. Quedó controlado el 19 de marzo y se declaró extinto el 12 de abril de 2022. Este incendio inició en laderas de exposición norte y se extendió tanto hacia el este como hacia el oeste, propagándose a las laderas con exposición sur de los cerros Martin y Colorado al cruzar el estrecho del Lago Martin (Fig. 1). El fuego afectó distintos parches de combustible en diferentes condiciones topográficas y meteorológicas, en algunos sectores propagándose con fuego intenso a través de las copas y en otros por superficie con menor velocidad y gran consumo del combustible muerto en el suelo.

Figura 1. Mapa de ubicación y categorías de severidad según USGS del Incendio Steffen-Martin 2021-22, PN Nahuel Huapi, basadas en el índice rdNBR.



## Métodos

Usando la plataforma Sentinel Hub (<https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>) se descargaron imágenes multispectrales Sentinel 2 (European Space Agency) de los días 06/12/2021 y 11/03/2022 para analizar la reflectancia pre y post-incendio. Ambas imágenes se proyectaron al Sistema de Referencia de Coordenadas POSGAR 2007 Faja 1 en ArcMap 10. Se calculó el índice rdNBR siguiendo la metodología de Parks et al. (2014) y se estimó la severidad del fuego utilizando las categorías: baja, moderada-baja, moderada-alta, alta sugeridas por el USGS. Resulta importante aclarar que la severidad medida a través de índices derivados de sensores ópticos satelitales refleja solo los cambios de reflectancia determinados por la pérdida de la cobertura vegetal o por la mortalidad inducida por los efectos del fuego. Sin embargo, éstas no necesariamente se corresponden con las determinaciones registradas en el terreno ya que los sensores satelitales tienen dificultad para determinar efectos que ocurren debajo del dosel (por ej. fuego de superficie que se extiende por el sotobosque sin provocar daños en el estrato superior). Las estimaciones de severidad derivadas de esta manera no deben ser confundidas con los efectos que puede tener el fuego a largo plazo.

El área total del incendio se estimó con la sumatoria de todos los píxeles con categoría de severidad superior a baja. Las categorías de severidad se clasificaron en polígonos que posteriormente fueron intersectados con los polígonos correspondientes a los tipos forestales y coberturas del suelo elaborados por CIEFAP, MADyS (2016), obteniéndose el área quemada por severidad y tipo forestal/cobertura del suelo. Esta metodología fue implementada usando el lenguaje de programación R (R Core Team, 2022) y Google Earth Engine. Los datos y el código se encuentran disponibles en el repositorio de GitHub ([https://github.com/romina-gonzalez-musso/Severidad\\_Incendio-Steffen-Martin22](https://github.com/romina-gonzalez-musso/Severidad_Incendio-Steffen-Martin22)) para ser utilizado en futuros incendios.

Las áreas y distribución de regeneración potencial para los tipos forestales dominados por especies que regeneran por semilla (coihue, coihue-ciprés, ciprés y lenga) fueron estimadas de las áreas de estos tipos forestales con severidades baja y moderada-baja, y sus áreas buffer (30 m de ancho) circundantes o de bosques no quemados. Las áreas de pérdida potencial se obtuvieron restando regeneración potencial a las áreas afectadas por el incendio.

## Resultados

### Tamaño y severidad

El relevamiento satelital reveló que los sectores quemados en alguna de las 4 categorías de severidad abarcó un total de 8.363 hectáreas (Fig. 1). Los tipos forestales más afectados en orden decreciente fueron los bosques mixtos de coihue y ciprés, bosques de coihue, matorrales mixtos, bosques de lenga, ñirantales, bosques de ciprés, arbustales nativos, herbáceas y subarbustos, eriales y vegetación exótica.

Los bosques afectados con menor severidad fueron los coihuales (30% alta, Fig. 2.a) y los bosques mixtos de coihue y ciprés (39% alta, Fig. 2.b y Fig. 3.a), mientras que los cipresales y lengales mostraron mayor severidad (70% y 52% alta respectivamente, Fig. 2.c y 2.d; Fig. 3.c, 3.d y 3.f). Los sistemas rebrotantes como los ñirantales y matorrales mixtos, mostraron la máxima severidad (92% y 83% alta, respectivamente, Fig. 2.e y 2.f; Fig. 3.e).

Dentro de los bosques de coihue y mixtos de coihue y ciprés, sectores cercanos a la costa del Lago Martin y cañadones o sectores más húmedos de la cabecera NO de este lago, muestran severidades bajas o moderadas-bajas, mientras que las laderas medias o altas, o bosques más orientales, muestran severidades mayores (Fig. 2.a y 2.b, Fig. 3). En los bosques de ciprés la severidad baja se distribuye de forma dispersa posiblemente siguiendo roquedales y sectores de baja productividad (Fig. 2.c; Fig. 3). Por su parte, los lengales muestran bandas de severidad baja restringidas a los bordes superiores del incendio y en la margen N de la cabecera NO del Lago Martin (Fig. 2.d). En cuanto a los sistemas rebrotantes, no se identifica un patrón espacial claro de la categoría de severidad baja.

### Trayectorias potenciales de bosques

Se estima que de las 5.612 ha de bosque afectadas, aproximadamente 2.112 ha (38% de la superficie original) se perderían de no mediar acciones de restauración activa y serían reemplazadas por otros ecosistemas como matorrales y pastizales. Aproximadamente 3500 ha (62% de la superficie original de bosques) podrían recuperar su composición original a largo plazo a través de mecanismos de regeneración natural (Tabla 1).

Los bosques de coihue y bosques mixtos de coihue y ciprés muestran la mayor capacidad de regeneración potencial (74% y 64% de su superficie, respectivamente, Tabla 1., Fig. 4.a y 4.b). Las áreas de pérdida de estos bosques son laderas medias afectadas por severidad alta que podrían transformarse en cañaverales y otros matorrales mixtos (Fig. 4.a y 4.b). Los cipresales son los bosques que en el corto plazo mostrarían mayores pérdidas (55% de su superficie original, Tabla 1), siendo posiblemente reemplazados por matorrales mixtos (Fig. 4.c). Sin embargo, debido a la capacidad de establecerse bajo el dosel del matorral, la recuperación de largo plazo del bosque de ciprés por sucesión y reemplazo podría ser mayor a la estimada. Finalmente, los bosques de lenga muestran tasas de pérdida considerables (46% de su superficie original, Tabla 1). Las áreas de pérdida se concentran en sectores de severidad alta en el límite inferior de distribución de este tipo forestal, mientras que aparece un cinturón de regeneración potencial en el límite superior del incendio así como en sectores con severidad baja en el margen N de la cabecera NO del Lago Martin (Fig. 4.d).

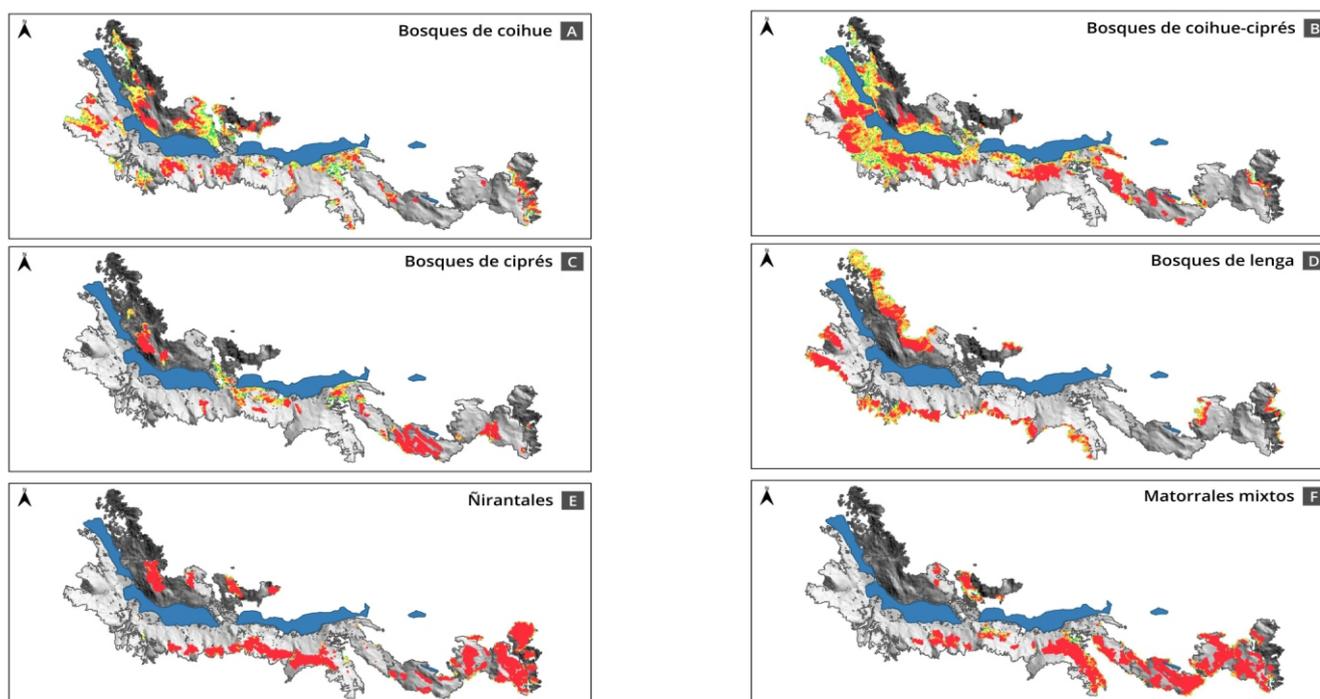


Figura 2. Categorías de severidad (USGS) del Incendio Steffen-Martin 2021-22, PN Nahuel Huapi, basadas en el índice rdNBR del 6/12/2021 (pre-incendio) y 11/3/2022 (post-incendio) por tipo de vegetación. Los tonos de gris se obtuvieron de un modelo de elevación digital y simulan el sombreado topográfico a través de un efecto combinado de orientación y pendiente (tonos más oscuros para laderas sombrías de orientación S con pendientes pronunciadas y tonos claros para laderas soleadas de orientación N).

### Conclusiones y recomendaciones para la restauración y monitoreo

El incendio Steffen-Martin abarcó un total de 8.363 hectáreas de acuerdo a la clasificación con sensores remotos, afectadas a lo largo de 4 meses durante el período estival de Norpatagonia. Si bien 73% de la superficie total fue afectada con las máximas categorías de severidad, se espera que más del 60% del área se recupere naturalmente ya que las especies que fueron mayormente afectadas son rebrotantes (Fig. 5). Sin embargo, se detectó un importante impacto en los bosques de lenga, que se caracterizan por ser sensibles al fuego y su regeneración se ve limitada en laderas con mayor exposición (como las afectadas; Kitzberger et al. 2005) y en períodos de baja precipitación y elevadas temperaturas como los que se pronostican (Kitzberger et al. 2014, 2022). Así, el lengal requerirá un monitoreo y diseño de restauración particular. Otra especie arbórea cuya regeneración podría ser afectada es el ciprés. Este podría encontrar refugios por ejemplo, en afloramientos rocosos (Landesmann et al. 2015) o restablecerse desde el matorral post-fuego en la medida en que se controle el ramoneo del ganado.

El mapeo de severidad de fuego y de trayectorias potenciales de bosque sirve como insumo para el desarrollo de un Plan integral de manejo del área afectada por el incendio. Algunas recomendaciones generales a tener en cuenta para el desarrollo de este plan son:

- La regeneración natural puede ser afectada por la presencia de ganado (de pobladores y asilvestrado) y por la extracción de productos forestales (leña o madera). Las áreas identificadas en este informe como de regeneración potencial deben ser protegidas contra la acción de ramoneo y pisoteo del ganado. Se sugieren acciones de manejo ganadero doméstico acordes y acciones de control del ganado bagual, así como la prohibición de extracción de leña, madera y otros productos no madereros en dichos sectores.

En los sitios disturbados por fuego es alta la posibilidad de colonización de especies de plantas exóticas, por lo que es importante minimizar la posibilidad de llegada de sus semillas u otros propágulos. Se recomienda diseñar, en conjunto con las poblaciones, clausuras y metodologías de manejo que

eviten el ingreso de ganado a sectores que se identifiquen como de alta prioridad de rehabilitación. El tránsito y aprovechamiento forestal en esos sitios debería evitarse. Se recomienda monitorear e implementar acciones de control sobre la población local de jabalí europeo, ya que es otro dispersor de vegetación exótica. A su vez, se recomienda monitorear las líneas de control y cortafuegos.

Se espera que los parches dominados por especies rebrotantes recuperen rápidamente su composición y estructura original independientemente de la severidad del fuego. Por ende, no se recomienda realizar acciones de restauración activa en matorrales mixtos, ñirantales, arbustales nativos, vegetación herbácea y subarbutos, eriales y mallines. Las actividades ganaderas y extractivas pueden redirigirse hacia estas comunidades más resilientes al fuego, siempre en niveles moderados de carga o presión de extracción.

| Tipo forestal                     | Pérdidas potenciales de bosques |           | Regeneración potencial de bosques |           | Área total de bosques afectados |
|-----------------------------------|---------------------------------|-----------|-----------------------------------|-----------|---------------------------------|
|                                   | (ha)                            | (%)       | (ha)                              | (%)       |                                 |
| Bosques de coihue                 | 357                             | 26        | 1015                              | 74        | 1372                            |
| Bosques mixtos de coihue y ciprés | 892                             | 36        | 1585                              | 64        | 2477                            |
| Bosques de ciprés                 | 316                             | 55        | 258                               | 45        | 574                             |
| Bosques de lenga                  | 547                             | 46        | 642                               | 54        | 1189                            |
| <b>Total</b>                      | <b>2112</b>                     | <b>38</b> | <b>3500</b>                       | <b>62</b> | <b>5612</b>                     |

Tabla 1. Áreas totales y porcentuales de pérdida y regeneración potencial del Incendio de Steffen-Martin 2021-22, PN Nahuel Huapi.

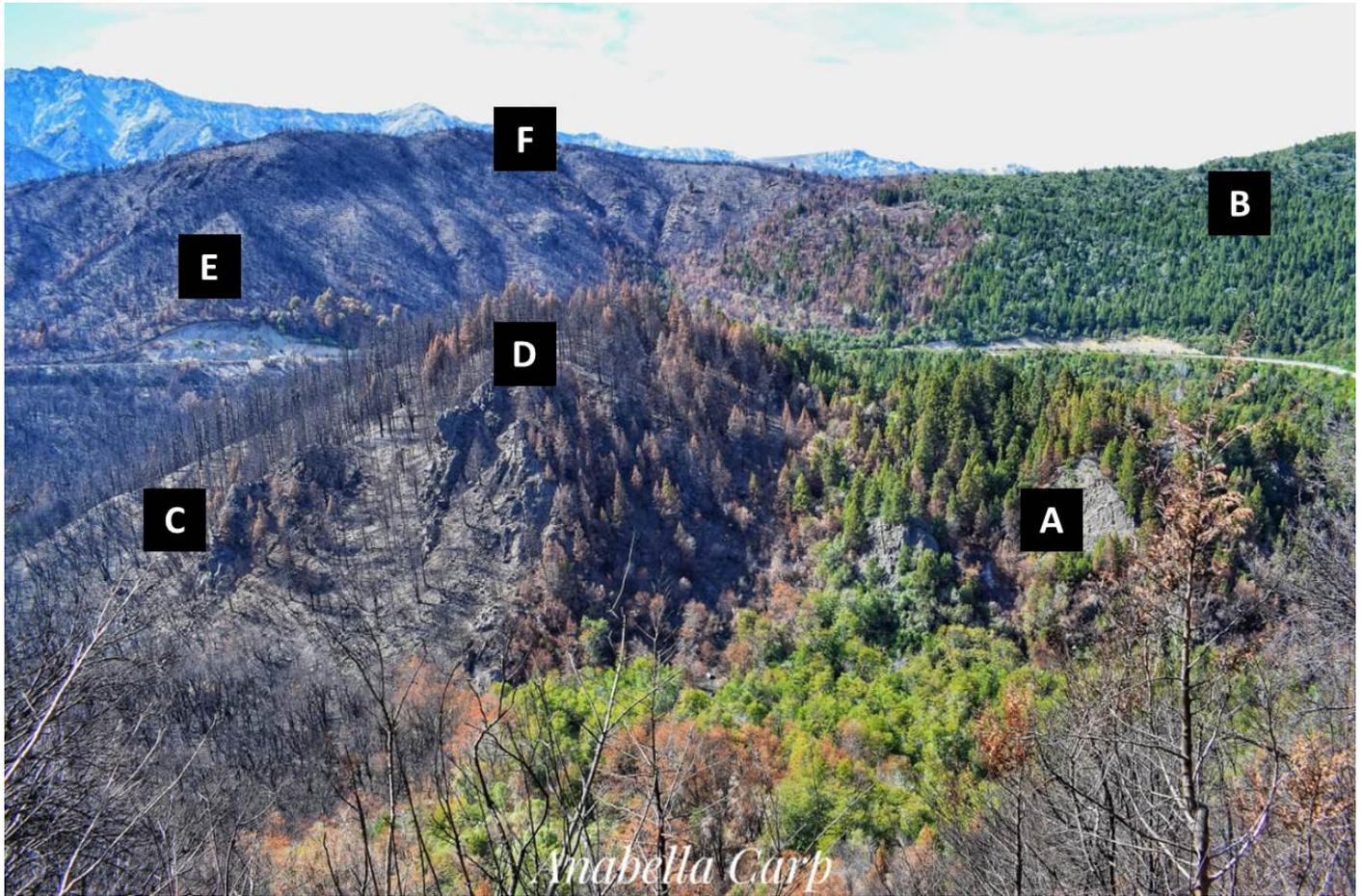


Figura 3. Ejemplos fotográficos de las categorías de severidad sobre los distintos tipos forestales: A) Bosque de coihue-ciprés afectado con severidad baja, B) ciprésal sin quemar, C) ciprésal afectado con severidad alta, D) ciprésal afectado con severidad moderada-alta, E) matorral mixto y ñirantales afectados con severidad alta, F) lengal afectado con severidad alta.

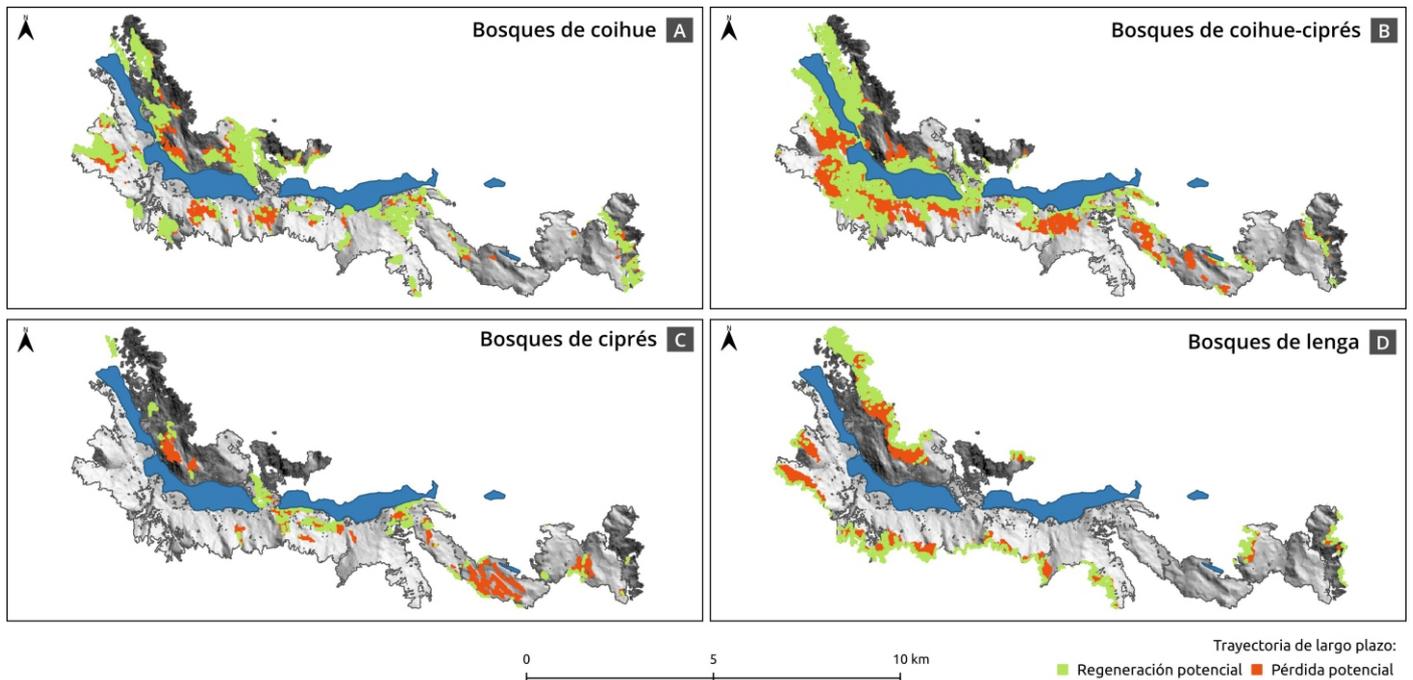


Figura 4. Trayectorias potenciales de largo plazo de los distintos tipos de vegetación del Incendio Steffen-Martin 2021-22, PN Nahuel Huapi. Las áreas de regeneración potencial (color verde) se componen de bosques quemados con severidades baja y moderada-baja y áreas quemadas a menos de 30 m de las mismas o de bosques no quemados. Las pérdidas proyectadas corresponden a áreas de bosque quemadas con severidad alta o moderada-alta (color naranja).

Se recomienda dirigir esfuerzos de restauración activa en los sectores de pérdida potencial de bosque. Dentro de estas áreas se recomienda seleccionar micrositios más aptos para la supervivencia de plántulas y renuevos, como laderas con orientaciones S o E más húmedas, pendientes suaves a moderadas y sitios accesibles.

La restauración/reforestación debe realizarse con la/s especie/s originalmente dominantes del tipo forestal afectado. No reforestar con especies rebrotantes aunque estuvieran originalmente en el sitio ya que éstas retornarán espontáneamente.

En la medida de lo posible utilizar genotipos locales, plantas grandes y rustificadas a condiciones de alta radiación y sequía.

En los sitios de no rebrotantes (lengales, cipresales, coihuales, bosques mixtos de coihue y ciprés) afectados con severidad alta, y que presentan pendientes fuertes (laderas superiores, cañadones, etc.), pueden darse procesos de erosión hídrica o deslaves. Se sugieren estudios ulteriores para identificar con mayor precisión los sitios críticos que podrían experimentar estos fenómenos a los fines de definir acciones de mitigación (por ej., mediante la creación de fajinas/terrazas de contención). Se sugiere analizar con prioridad el sector del cajón del Villegas, la angostura entre el Lago Martín Chico y grande, las laderas contiguas a las poblaciones afectadas y a la senda de la huella andina.

Los valores de conservación definidos en el Plan de Gestión del PNNH pueden haberse visto afectados por los distintos grados de severidad. Se recomienda realizar diagnóstico de campo/monitoreo en el tiempo, en parcelas permanentes, en: 1) Sitios definidos como de regeneración potencial de bosque en todas sus composiciones, discriminando sectores con y sin ganado; 2) Sitios definidos como de pérdida potencial de bosque en todas sus composiciones; 3) Parcelas con acciones de restauración activa; 4) Sitios con riesgos de erosión hídrica y peligro de deslaves.

Se sugiere ampliar el análisis para identificar prioridades de rehabilitación, problemas de conservación y uso, etc., incorporando al mapa de severidad información espacial de: distribución de fauna, flora de valor especial, topografía, hidrología, usos, zonificación, recursos culturales, etc.

Se sugiere repetir el análisis de severidad con imágenes post-incendio de los meses de verano 2022-23 teniendo en cuenta que el presente trabajo muestra el efecto inmediato del fuego sobre la vegetación.

Tanto la caracterización de severidades como la metodología empleada para evaluar la regeneración y pérdida potencial de coberturas de vegetación constituyen insumos clave para la toma de decisiones de manejo en un área incendiada. Es por ello que la estandarización de las metodologías aplicadas en este trabajo resulta útil como marco de acción en futuros incendios en la región Andino Patagónica.

## Glosario

**Severidad de incendio:** cambio observado sobre la vegetación y el suelo de un ecosistema (pérdida de biomasa y materia orgánica) como consecuencia del efecto del fuego (Keeley 2009, Parks et al. 2014)

**Restauración:** proceso de ayudar en la recuperación y restablecimiento de la estructura y funcionamiento de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido a causa de un disturbio, en este caso, por el fuego.

**Rehabilitación:** acciones post-fuego tendientes a mejorar las funciones de un ecosistema sin retornar necesariamente a las condiciones previas a la perturbación. Generalmente se enfatiza la restauración de los procesos y las funciones del ecosistema para incrementar el flujo de bienes y servicios para los seres humanos.



Figura 5. Rebrote basal en una especie típica de matorral (ñire) en un sector afectado con severidad alta por el incendio. Fecha: febrero de 2022.

## Agradecimientos

Agradecemos a las autoridades de nuestras dependencias: PNNH (Parque Nacional Nahuel Huapi), DRPN (Dirección Regional Patagonia Norte), DNC (Dirección Nacional de Conservación- APN), CCT Patagonia Norte (CONICET), AUSMA (UNCo) e INIBIOMA (UNCo- CONICET), quienes permitieron la conformación de este equipo multidisciplinario e inter-institucional. Finalmente agradecemos a los combatientes, guardaparques, personal técnico y administrativo de APN, SPLIF, SNMF servicios provinciales de manejo del fuego, Bomberos Voluntarios, Policía Federal, así como a los pilotos, por el trabajo y tiempo dedicado en las tareas técnicas, operativas y logísticas durante el desarrollo del incendio.

## Bibliografía consultada

- CIEFAP, MAYDS. 2016. Actualización de la Clasificación de Tipos Forestales y Cobertura del Suelo de la Región Bosque Andino Patagónico. Informe Final.
- Keeley, L.J. 2009. Fire intensity, fire severity and burn severity: a brief review and suggested usage. *International Journal of Wildland Fire* 18: 116–126.
- Kitzberger, T., E. Raffaele, K. Heinemann y M.J. Mazzarino. 2005. Effects of fire severity in a north Patagonian subalpine forest. *Journal of Vegetation Science* 16: 5-12.
- Kitzberger, T., M. Blackhall, L. Cavallero, L. Ghermandi, J. Gowda, K. Heinemann, E. Raffaele, J. Sanguinetti, M.L. Suarez & N.T. Bucardo. 2014. Capítulo 2: Comunidades Dinámicas. En: Raffaele, E., M. de Torres Curth, C.L. Morales & T. Kitzberger (eds.). *Ecología e Historia Natural de la Patagonia Andina: un Cuarto de Siglo de Investigación en Biogeografía, Ecología y Conservación*. 1a ed. Fundación de Historia Natural Félix de Azara, CABA, Argentina.
- Kitzberger, T., F. Tiribelli, I. Barberá, J.H. Gowda, J.M. Morales, L. Zalazar y J. Paritsis. 2022. Projections of fire probability and ecosystem vulnerability under 21st century climate across a trans-Andean productivity gradient in Patagonia. *Science of The Total Environment* 839: 156303, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156303>.
- Landesmann, J.B., J.H. Gowda, L.A. Garibaldi y T. Kitzberger. 2015. Survival, growth and vulnerability to drought in fire refuges: implications for the persistence of a fire-sensitive conifer in northern Patagonia. *Oecologia* 179: 1111-1122.
- Lentile Leigh, B., Z.A. Holden, A.M.S. Smith, M.J. Falkowski, A.T. Hudak, P.Morgan, S.A. Lewis, P.E. Gessler y N.C. Benson. 2006. Remote sensing techniques to assess active fire characteristics and post-fire effects. *International Journal of Wildland Fire* 15: 319–345.
- Neary, D. & L. Jackson. 2015. Chapter 3: Wildland fire: Impacts on Forest, Woodland, and Grassland Ecological Processes. En: A. J. Bento Gonçalves, A. J. & A. A. Batista Vieira (eds.). *Wildland Fires - A Worldwide Reality*. Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Air, Water, and Aquatic Environments Program, U.S.D.A., USA.
- Parks, S.A, G.K Dillon y C. Miller. 2014. A new metric for quantifying burn severity: the relativized burn ratio. *Remote Sensing* 6: 1827-1844.
- R Core Team. 2022. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.



Thomas Kitzberger



Juan Paritsis



Juan Gowda



Romina González Musso



Florencia Tiribelli



Javier Grosfeld



Paula Presti



Marcelo Bari



Anabella Carp



Roxana Giménez



Mariana Lipori

El informe fue realizado con el fin de brindar un primer análisis de la afectación de la vegetación por el incendio Steffen-Martin en el PN Nahuel Huapi, utilizando sensores remotos. Se aporta también un análisis de las posibles trayectorias de los ecosistemas boscosos distinguiendo entre áreas de posible regeneración natural y áreas de potencial pérdida del bosque y reemplazo por otras comunidades no arbóreas. Finalmente se ofrecen una serie de conclusiones y recomendaciones que esperamos sean utilizadas en la toma de decisiones por parte de las autoridades y agentes de conservación del PN Nahuel Huapi, como ejes para las acciones a desarrollar en el marco del plan de rehabilitación.

El mismo fue elaborado en el marco del trabajo del equipo multidisciplinario conformado entre el grupo de Dinámica de Bosques del Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente, INIBIOMA - CONICET/UNComa: Dr. Thomas Kitzberger, Dr. Juan Paritsis, Dr. Juan Gowda, Tec. Ftal. Mg. Romina González Musso y Dra. Florencia Tiribelli; el PN Nahuel Huapi: Gpque. Marcelo Bari y Tec. Ftal. Anabella Carp; la Dirección Regional Patagonia Norte: Dra. Paula Presti y Tec. Ftal. Roxana Giménez y la Dirección Nacional de Conservación: Lic. Mariana Lipori. Dicho equipo se conformó por solicitud del Dr. Javier Grosfeld, quien fuera Director de la DRPN durante el evento.

# ¿Qué sabemos sobre la Gaviota Cocinera que vive en el Lago Nahuel Huapi?

Rosciano Natalia G.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Instituto de investigaciones en Biodiversidad y Medio Ambiente INIBIOMA-UNCo-CONICET.

\*nataliarosciano@comahue-conicet.gob.ar;  
proyctogaviotas@yahoo.com

## [ Resumen ]

Actualmente, en el Parque Nacional Nahuel Huapi, conocemos 4 colonias de Gaviota Cocinera (*Larus dominicanus*), ubicadas en islas e islotes del lago Nahuel Huapi. Allí, durante la primavera y el verano, las gaviotas arman sus nidos, ponen los huevos, y crían a sus pichones hasta su independencia. En esas colonias hay aproximadamente 1200 individuos adultos de Gaviota Cocinera. Desde hace 3 años trabajamos para poder entender sobre la alimentación de la Gaviota Cocinera y su relación con el espacio que habitan, que incluye los ecosistemas lacustres, terrestres y urbanos. Los análisis de la composición de la dieta realizados hasta ahora nos muestran los hábitos generalistas y oportunistas típicos de la especie, que se alimenta tanto de presas terrestres y acuáticas, como también de basura. El hecho de que coman basura puede tener efectos negativos, tales como la posibilidad de contraer infecciones por patógenos, de envenenamiento por ingestión de sustancias tóxicas o del consumo accidental de objetos no comestibles como plásticos. La circulación de gaviotas en sitios que también son utilizados por el hombre podría tener efectos negativos para la salud pública si las aves actúan como vectores de patógenos y parásitos. Por esta razón, es que también nos interesa conocer los lugares que frecuentan las gaviotas. Para esto, anillamos adultos y pichones que capturamos en las colonias reproductivas. El seguimiento de las aves anilladas nos permite conocer su distribución en los distintos momentos del año. Seguiremos trabajando para poder comprender la importancia que tienen los subsidios de alimento de origen antrópico para la Gaviota Cocinera y tener una mejor comprensión del rol que cumple esta especie generalista y oportunista en el ecosistema que abarca áreas importantes del Parque Nacional Nahuel Huapi.

## [ Abstract ]

There are currently 4 Kelp Gull (*Larus dominicanus*) colonies at the Nahuel Huapi National Park, placed on islets in the Nahuel Huapi Lake. There, during spring and summer, the gulls nests, lay the eggs and raise their chicks until their independence. In those colonies we counted approximately 1200 adults. For 3 years, we have been working to understand more about the feeding habits of the Kelp Gull and its relationship with their habitats, that includes lake, terrestrial and urban environments. The diet analysis have shown the generalist opportunistic habits typical for the species. They eat terrestrial and aquatic preys, and also garbage. Feeding from garbage can have negative effects for the gulls, with great probability of getting pathogens infections, that can be dispersed among the population and other natural environments frequently used, of poisoning by ingestion of toxic substances and the consumption of non-edible objects, like plastics. Gulls using the same areas as humans can develop in sanitary problems if the birds are behaving as carriers of

pathogens and parasites. Thus, we are also interested in studying the places gulls frequently use. With this aim, we ring adult and chicks gulls. Following the ringed individuals allows us to understand their distribution throughout the year. We will continue this research to understand the importance of anthropogenic food subsidies for gulls and to have a better understanding of this generalist opportunistic birds and its role in the ecosystems encompassed in important areas of the Nahuel Huapi National Park.

## Contribución al Parque Nacional Nahuel Huapi



En algunos lugares del mundo, el conflicto gaviota-humano se ha convertido en un tema de amplia discusión. Las gaviotas muchas veces son consideradas como una especie problemática por su impacto negativo en los aeropuertos y las ciudades, donde establecen sus sitios de nidificación en los techos de casas y edificios, y generan daños con el material de los nidos y las deposiciones, e incluso predan sobre especies protegidas. Esta situación es usualmente atribuida a la sobrepoblación de gaviotas, generalmente asociada a su comportamiento oportunista, en un contexto de creciente disponibilidad de recursos alimentarios provenientes de fuentes antrópicas, particularmente de basurales y descartes pesqueros. El proyecto que estamos desarrollando proveerá un entendimiento del rol ecológico de la Gaviota Cocinera que anida en los sistemas lacustres que abarcan el parque nacional Nahuel Huapi, el rol de esta especie de gaviota inmersa en un ambiente urbano, y la importancia de los alimentos provenientes de fuentes antrópicas en la dieta de la población. El conocimiento obtenido de este proyecto nos permitirá generar sugerencias de manejo necesarias en cuanto a la especie y la disposición de los residuos, que permitan mantener una relación saludable entre humanos y gaviotas en el área de estudio, como así también en los ambientes naturales circundantes del Parque Nacional Nahuel Huapi.



Credito de foto: Démian Belmonte

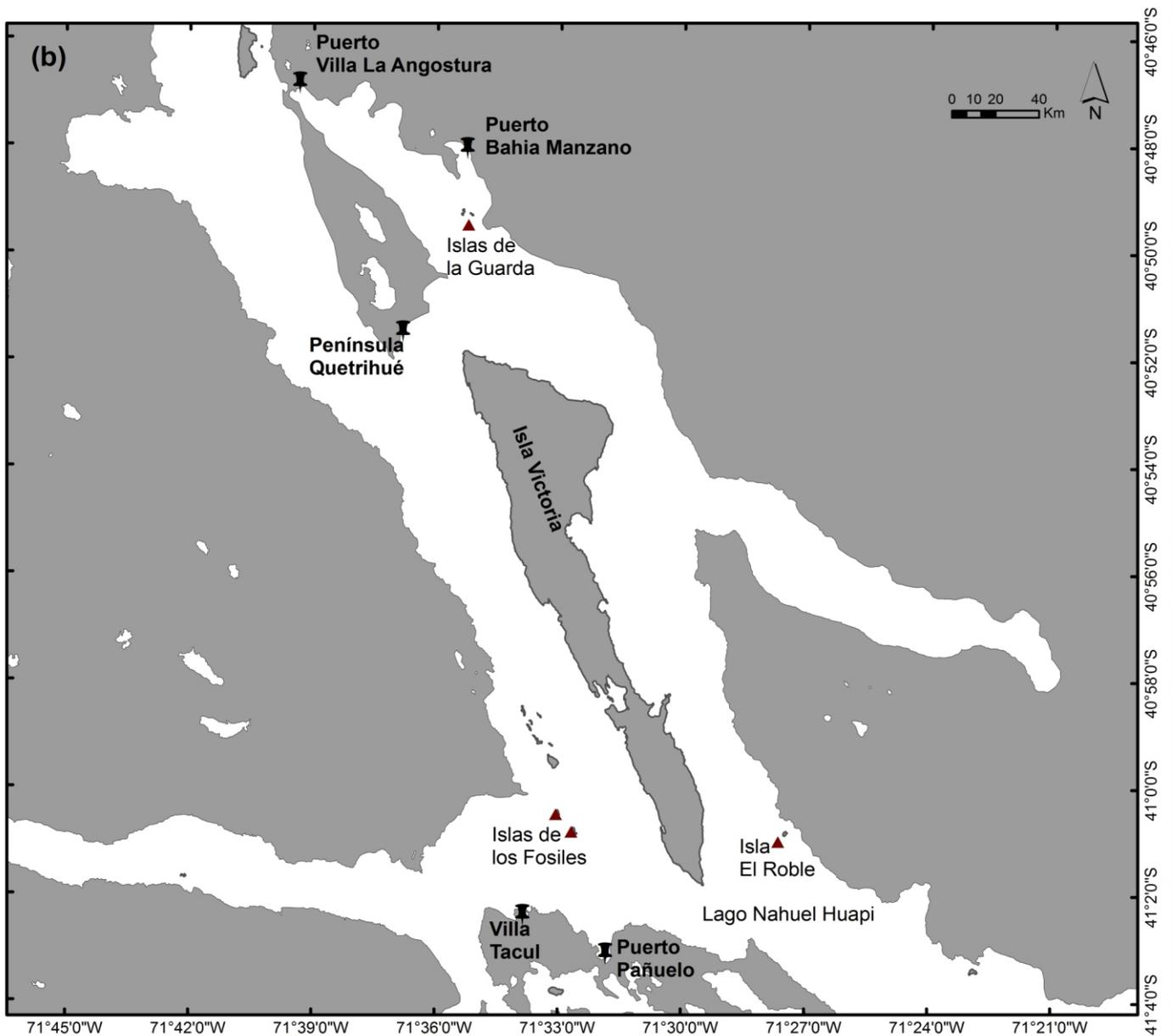
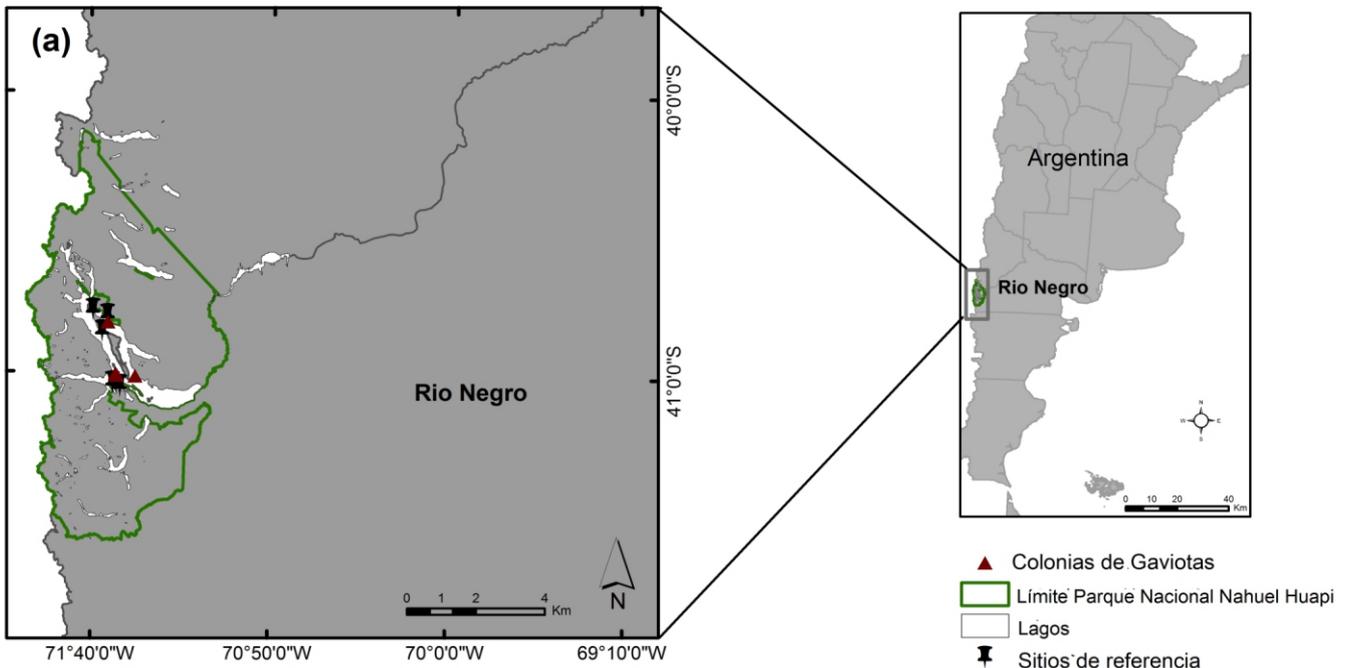


Figura 1. Se observa en el mapa la extensión del Parque Nacional Nahuel Huapi y el lago homónimo. Abajo el área ampliada muestra donde están ubicadas las cuatro colonias conocidas de Gaviota Cocinera (*Larus dominicanus*).

## ARTÍCULO

Un momento, ¿las gaviotas no son aves marinas? - Te preguntará. La respuesta es: ¡Sí!, las gaviotas pertenecen al grupo de las aves marinas, y como tales, en general, viven asociadas al mar y las costas; suelen alimentarse de peces, crustáceos, moluscos, insectos, huevos de otras aves, carroña, etc., es decir que son generalistas, comen casi cualquier cosa que encuentren. Además, las gaviotas son aves oportunistas, que pueden aprovechar las oportunidades de alimento que se les presentan, y se adaptan rápidamente a distintos ambientes. Estas características, podrían haber permitido que la Gaviota Cocinera se haya establecido en ambientes diferentes a los costeros-marinos. Y así es como las podemos encontrar hoy en día en el Lago Nahuel Huapi.

En el Parque Nacional Nahuel Huapi, hay al menos 4 colonias de Gaviota Cocinera (Fig. 1), en islas e islotes que se encuentran en el lago homónimo. En esas islas, durante la primavera y verano, las gaviotas arman sus nidos, ponen los huevos, y luego crían a sus pichones hasta su independencia (Fig. 2).



Figura 2. Colonias de Gaviota Cocinera del Lago Nahuel Huapi. Arriba Islas de la Guardia. Abajo, Islas de los Fósiles.

## Contando Gaviotas

Al día de hoy, sabemos que en la población del Lago Nahuel Huapi hay 1200 individuos adultos, aproximadamente. ¿Cómo lo sabemos? Bueno, porque las gaviotas, al igual que muchas otras aves, son coloniales. Es decir, que nidifican en grupos. Esto se manifiesta en la época reproductiva, que es cuando se forman las parejas y arman los nidos donde ponen sus huevos. Una de las formas más habituales de conocer el número poblacional de una especie de ave, es contar nidos. Sabemos que por cada nido hay una pareja, es decir, dos individuos adultos en edad de reproducirse. Entonces, cuando llega ese momento del año en que las gaviotas forman las parejas, arman el nido, ponen los huevos y comienzan a incubar, nos acercamos a la colonia y contamos nidos. Así, podemos conocer el número de adultos reproductores de una colonia y estimar un número poblacional.

Este trabajo lo hicimos en las colonias del Parque Nacional Nahuel Huapi. En el mes de Octubre, que es cuando las gaviotas comienzan a nidificar en la zona, nos acercamos a las colonias y contamos los nidos. En el año 2018 contamos 623 nidos de Gaviota Cocinera en total, entre las 4 colonias.

## Acerca del ciclo anual

Cada nido de gaviota tiene entre 2 y 3 huevos, de los cuales suelen eclosionar todos los pichones (Fig. 3). Aunque, al avanzar la temporada reproductiva algunos de esos pichones mueren por diversas causas. Por ejemplo, si los adultos no encuentran suficiente alimento para proveerles, o algún predador los caza, o incluso por un picotazo fuerte de un adulto de otro nido por haberse metido en su territorio. A pesar de esto, una gran parte de los pichones que nacen logra crecer hasta el tamaño de un adulto y emplumar su cuerpo para poder aprender a volar, ¡en dos meses! ¡Sí!, nada más que un par de meses tardan en crecer y tener plumas. Podemos reconocer a los pichones emancipados, porque sus plumas son de color marrón y el pico es oscuro (Fig. 4).



Figura 3. Nido de Gaviota Cocinera donde se observa la asincronía de eclosión; mientras un pichón ya lleva unos días de nacido, otro acaba de eclosionar y hay un huevo que aún está siendo incubado (Noviembre 2018).

Credito de fotos de esta página: Natalia Rosciano



Figura 4. Avanzada la temporada reproductiva, se puede ver como los pichones de Gaviota Cocinera cambian el plumón por plumas que les permitirán volar e independizarse. Credito foto: Valeria Ojeda

Una vez que se independizan, los juveniles pueden quedarse en la zona o bien pueden dispersarse. La Gaviota Cocinera no es una gran migradora, pero si puede desplazarse grandes distancias para encontrar un buen sitio para pasar el invierno si fuera necesario. En el Parque Nacional Nahuel Huapi no sabemos muy bien qué hacen los juveniles emancipados. Creemos que se quedan cerca de las colonias donde nacieron, porque los vemos volando en algunas zonas aledañas a la ciudad de Bariloche. Sin embargo, es muy importante conocer sus movimientos porque nos permite entender el comportamiento de la especie y la dinámica de la población. Para poder aprender un poco más sobre los lugares que frecuentan las gaviotas del Lago Nahuel Huapi, hace ya tres años les estamos colocando anillos.

Los anillos son una forma práctica y de bajo costo de seguir a estas aves a lo largo del tiempo. Además, el seguimiento de las aves anilladas nos permite conocer su distribución en los distintos momentos del año, y de esta manera comprender sus hábitos. Durante 3 veranos colocamos anillos en individuos adultos y pichones de Gaviota Cocinera. Los anillos tienen diferente color según la colonia en la que fueron capturados los individuos, y una inscripción de una letra y 3 dígitos (Fig. 5). Una vez que las aves han sido anilladas, lo más importante para poder lograr el objetivo del trabajo, consiste en encontrar a las gaviotas anilladas!... casi como una aguja en un pajar, pero sucede. Por ejemplo, las podemos ver posadas en algún



Figura 5a. Adulto de Gaviota Cocinera con un anillo azul, que indica una de las colonias del archipiélago Islas de los Fósiles, avistado en la misma colonia reproductiva en que fue anillado en 2019.

Crédito de foto: Natalia Reboló



Figura 5b. La imagen muestra un pichón emplumando al que se le colocó un anillo (amarillo) en una de las colonias de Islas de los Fósiles.

Credito de foto: Natalia Rosciano



Figura 5c La imagen corresponde a un pichón anillado en diciembre de 2020, que fue avistado el 5/04/2021 en el Brazo Blest, 4 meses después de haberse independizado; la foto de la derecha muestra los 3 colores de anillo utilizados hasta ahora y sus inscripciones a modo de ejemplo.

Credito de foto: S. Lehr

poste, volando encima de una embarcación y notar que en su tarso tienen un anillo. Cada uno de estos avistajes es importantísimo para nuestro trabajo. Y si bien nosotros salimos a buscar las gaviotas anilladas por diferentes lugares, cuantos más ojos seamos buscándolas, más chances tendremos de encontrarlas (Fig. 6). Por esto es tan importante el reporte de los avistajes. Ya sabés, vos que estás leyendo este artículo, si ves una gaviota anillada, no dudes en contactarte y pasarnos la información.

### Pero y... ¿Qué comen?

Los primeros estudios que se hicieron sobre la alimentación de la Gaviota Cocinera en el Parque Nacional Nahuel Huapi (año 2008) mostraron una alta dependencia de los residuos urbanos. Esta es una tendencia que se observa en distintos lugares del mundo donde habitan otras especies de gaviotas, parientes de la Cocinera. Los subsidios alimenticios provenientes de fuentes antrópicas se encuentran entre los impactos humanos sobre la vida silvestre más importantes a nivel global. Esto es porque proveen alimento de más fácil acceso y predictibilidad que el de origen natural, aunque este consumo puede tener impactos tanto positivos como negativos en las especies que tienen estos hábitos. El uso de los basurales como fuente suplementaria de alimento provee una amplia variedad y cantidad de comida que además es renovada diariamente, permitiendo que los individuos obtengan beneficios como el aumento de su masa corporal, fecundidad y supervivencia, resultando en muchos casos en incrementos poblacionales. Aunque, el uso de estas fuentes de alimento aumenta también la probabilidad de contraer infecciones por patógenos (que además pueden ser dispersados tanto en la población de gaviotas como en otros ambientes frecuentados), de envenenamiento por ingestión de sustancias tóxicas, o de consumo accidental de objetos no comestibles como plásticos. Por esto, en muchas ocasiones se genera un conflicto entre las aves y las poblaciones humanas.

Desde hace tres años, empezamos a estudiar qué come la Gaviota Cocinera y a tratar de entender donde consiguen ese alimento, con el que también alimentan a sus pichones. Para esto vamos a las colonias y buscamos muestras. ¿Qué muestras? Se estarán preguntando seguramente... Bueno, las gaviotas todo lo que no pueden digerir, lo regurgitan. Esto es, hacen una bola y la escupen; similar comportamiento al que tienen los gatos en casa cuando eliminan las bolas de pelos. Esas egagrópilas (o pellets o bolos) que regurgitan las gaviotas las podemos encontrar en el suelo alrededor de los nidos; las juntamos en bolsitas, y luego las llevamos al laboratorio, donde las desarmamos y separamos los restos para ver qué comieron (Fig. 7).

Estas muestras las vamos a buscar al comienzo de la etapa reproductiva (en Octubre), cuando las gaviotas adultas armaron sus parejas y sus nidos y ya están incubando los huevos. Luego, volvemos a ir avanzada la temporada, cuando los pichones ya nacieron (en Noviembre) y una vez más en Diciembre, cuando los pichones ya están grandes, casi emplumados y alistándose para independizarse. Y así podemos tomar muestras que nos permiten conocer sobre la dieta de la Gaviota Cocinera durante todo el periodo reproductivo, e investigar también si la dieta cambia desde la incubación hasta la etapa de pichones grandes.

Las egagrópilas nos muestran únicamente los restos de la comida que la gaviota no pudo digerir. Esto parece un detalle, pero es algo sumamente importante, porque si se comió un pedazo de carne, una galletita o picoteó los restos de un pez muerto a orillas del lago, no lo vamos a encontrar en las egagrópilas. Por esta razón, cuando estudiamos la dieta de un animal solemos utilizar distintos tipos de muestras, que se complementan entre sí y nos permiten tener el panorama completo de qué comen. Pero por ahora, nos vamos a centrar sólo en las muestras de egagrópilas.

El análisis de las egagrópilas en laboratorio nos ha enseñado varias cosas sobre la alimentación de la gaviota cocinera. Por ejemplo, durante la primavera y verano del año 2019, muchas de las egagrópilas encontradas en las colonias de gaviotas a lo largo de la temporada reproductiva, contenían un montón de pelos y huesos. Pudimos inferir que esos restos pertenecían a ratones, y nos preguntábamos, ¿de dónde habrán sacado las gaviotas tantos ratones? Y ahí nomás recordamos que ese año fue la famosa "ratada", durante la cual a causa de la súper floración de la caña Colihue (*Chusquea* sp.) en la zona de Villa La Angostura hubo un crecimiento exponencial de la población de ratones. Y como sucede en cada uno de estos ciclos, una vez que disminuye la cantidad de alimento, muchos de esos ratones se mueren y muchos de ellos terminan siendo arrastrados hasta las orillas de los lagos. Muy probablemente alguien leyendo este artículo habrá visto la cantidad de ratones muertos en las costas, y quizás también alguna gaviota aprovechando este recurso de alimento disponible. Otros items que aparecieron en las egagrópilas en todos los años de estudio son restos de artrópodos, bichitos que encuentran en tierra y en las costas de los lagos. Y también aparecen en grandes cantidades restos de papeles tipo servilletas, bolsas plásticas en su mayoría transparentes y vidrios. ¿De dónde sacan estas cosas las gaviotas? ¿Dónde las

Figura 6. Cada vez que veas una gaviota anillada contanos la mayor cantidad de detalles que hayas podido registrar (dónde estaba, qué día la viste, qué color de anillo tenía, qué estaba haciendo). También puedes mandar una foto. Cada observación es muy importante y nos brinda un montón de información. ¡Ayúdanos a encontrar las gaviotas anilladas! y a aprender más sobre esta población que vive en el Lago Nahuel Huapi.

comen? ... Seguramente cuando van al basural. De todas formas, no solo en las egagró-pilas encontramos estas cosas. Cuando caminamos por la colonia, en el suelo y en los nidos también encontramos basura (Fig. 8): sobrecitos de aderezos, trozos de tela, tanza, esponjas de metal... Muchas de esas cosas las encuentran tiradas en las costas del lago, adyacentes a las colonias. Ahora nos detenemos un momento y recordamos que muchas de estas cosas que ingieren las gaviotas adultas, son las mismas que luego traen a sus pichones y les dan a ellos también de comer. Si, los pichones también ingieren plásticos, papeles, etc., junto con el alimento que los padres les traen.

#### El problema de la basura

Parece que es todo un tema que las gaviotas coman de la basura, ¿no? Por un lado, tienen un montón de comida disponible, de fácil acceso, que se repone diariamente y entonces les puede resultar beneficioso en términos de disminuir tiempos de búsqueda, y de mayor cantidad de alimento que ingieren. Aunque, por otra parte, en la basura también hay un montón de otras cosas que les pueden hacer mal. Pero entonces, ¿Cómo podemos hacer para sacar a las gaviotas de los basurales? Parece un problema difícil de resolver. Aunque, tal vez también podemos hacernos preguntas más sencillas que puedan ayudar a dividir este problema grande en porciones más pequeñas y más fáciles de atacar. Por

ejemplo, ¿cómo podemos sacar el plástico de la montaña de basura que llega al basural? O mejor aún ¿cómo podemos hacer para reducir la cantidad de basura que llega al basural? Y entonces si achicamos un poco las preguntas, nos damos cuenta que tal vez, hasta podemos ser parte de la solución desde nuestro lugar de habitantes de la ciudad.

El problema de los residuos es bastante importante también, porque sin darnos cuenta, en una semana consumimos un montón de cosas que tienen envoltorios de plástico y telgopor y estamos acostumbrados a tirarlos en la basura y luego poner la basura en el tacho de afuera y listo... se lo lleva un camión y ya no es mi problema. Pero ¿vos sabés que pasa una vez que se lo lleva el camión de la basura? ¿Cuál es el ciclo de la basura en la ciudad en la que vivís? En Bariloche, el camión de la basura pasa por los distintos barrios recolectando la basura de los tachos de las casas. Dentro del camión se compacta todo y va hasta el vertedero municipal. Una vez que ingresa ahí, deposita los residuos en una pila y luego otro camión trae tierra y se la tiran encima y luego llega otro camión que la aplasta. Esta compactación es importante para que las bolsas con la basura no queden al descubierto. Pero mientras todo este proceso ocurre, son varios los animales que aprovechan y hurgan en la basura en busca de comida. Aquí es cuando pueden ingerir plásticos, vidrios, papeles y otros, que tiramos en el mismo tacho que los residuos orgánicos. Entonces, una de las cosas que podemos

hacer es reducir la cantidad de residuos que generamos en nuestras casas y también separarlos. Compostar es una manera de reducir la cantidad de basura que tiramos y a la vez también poder generar algo con esa basura, tierra fértil para las plantas. Podemos reducir la cantidad de plásticos que usamos, reemplazar las bolsas de plástico por bolsas de tela, comprar productos con menos envoltorios, etc. Y los que no podemos reducir, los separamos y los tiramos aparte. En la ciudad de Bariloche funciona la Asociación de Recicladores Bariloche (ARB), que se encarga de separar los residuos que son factibles de reciclar, para que sean procesados y se transformen. Por supuesto, con que seamos más cuidadosos a la hora de disponer los residuos del hogar, no soluciona el problema en su totalidad. Y por eso es sumamente importante que continuemos pidiendo a las autoridades competentes de la ciudad en la que vivimos, que la gestión final de los residuos sea más controlada, y tenga en cuenta la necesidad de evitar que la fauna silvestre ingrese a los predios y los utilice como fuente de alimento.

También es importante cuidar de los espacios naturales que utilizamos para recreación. Cuando hacemos excursiones y paseos por el bosque, la playa o el lago, es sumamente importante que tengamos buenos hábitos. Es decir, que nos aseguremos de no dejar nada tirado en el suelo, que nos llevemos nuestros residuos, y que separemos la basura. No importa si estás en el bosque, o en el medio del lago navegando. No podemos estar haciendo compost en cualquier lugar solo porque es material orgánico y seguro con el tiempo se degrada. Algunos animales podrían utilizar esos residuos que generamos para alimentarse, y ahí es cuando introducimos esa componente que llamamos "subsido de alimento". Puede parecernos divertido que un animal se acerque mucho y coma algo que le proveemos. Pero esas acciones pueden generar conflictos entre el ser humano y las especies silvestres. No alimentar a la fauna silvestre no es caprichoso. Tiene un montón de explicaciones ecológicas. Entre ellas, la transmisión de enfermedades.

#### Los efectos negativos de los subsidios de alimento

El uso de fuentes de alimento de origen antrópico por parte de los animales aumenta la probabilidad de que contraigan infecciones por patógenos, de envenenamiento por ingestión de sustancias tóxicas o del consumo accidental de objetos no comestibles como plásticos. La circulación de las aves por sitios que también son utilizados por el hombre podría tener efectos negativos para la salud pública si las gaviotas se comportan como vectores de patógenos y parásitos. En este aspecto, la Gaviota Cocinera ha sido registrada como hospedadora de patógenos y parásitos en diversos sitios de su distribución, algunos de los cuales pueden ser causantes de enfermedades en humanos. Por ejemplo, se sabe que pueden ser portadoras de diferentes enterobacterias como la Salmonella, del virus de influenza aviar, y helmintos de la clase trematoda (ej. Schistosoma sp.) que producen dermatitis en humanos. Estudios recientes confirmaron la presencia de ces-



Figuras 7 Egagrópilas encontradas en las colonias de Gaviota Cocinera del lago Nahuel Huapi. En todos los casos se pueden observar restos de origen natural y antrópico. La figura 7c muestra como fue colectada una egagrópila y la 7d como queda luego de ser procesada para identificar los elementos que contiene. Credito de fotos de esta página: Natalia Rosciano



Figura 8. Arriba y abajo se observan nidos de Gaviota Cocinera con restos de plásticos y telas. A la derecha, un nido construido únicamente con elementos naturales

Credito de fotos de esta página: Natalia Rosciano

todes del género *Diphyllobothrium* sp. en Gaviota Cocinera nidificando en el Lago Nahuel Huapi. Los huevos de estos cestodos son liberados en ambientes acuáticos junto con las heces de los hospedadores definitivos, que son aves y mamíferos ictiófagos incluido el ser humano, y pueden ocasionar una zoonosis conocida como difilobotriosis.

Pero entonces, ¿las gaviotas son peligrosas para el humano? Bueno, tanto como peligrosas no. Pero por eso estamos estudiando los temas que nos permitirán comprender cuál es el rol de la gaviota en el ecosistema lacustre-terrestre-urbano. En muchos lugares del mundo las gaviotas viven asociadas a las ciudades, nidificando incluso en techos de edificios y otras estructuras que encuentran disponibles y adecuadas. Este problema aún no ocurre en Bariloche, ni en Villa La Angostura, que son las dos ciudades emplazadas a orillas del Lago Nahuel Huapi. Sin embargo, las gaviotas y los humanos utilizamos algunas áreas en común, y lo que sería deseable es que podamos convivir y evitar situaciones de conflicto.

## Resumiendo

Tenemos todavía muchas preguntas sobre la población de Gaviota Cocinera que vive en el Parque Nacional Nahuel Huapi. Al momento, hemos registrado su comportamiento oportunista en cuanto al aprovechamiento de los diversos recursos que le brinda el ecosistema terrestre-lacustre-urbano que habita. Y que parte de su alimentación está basada en el uso de subsidios de alimento de origen antrópico, es decir, basura.

También registramos que nosotros somos quienes generamos esa fuente de alimento, y por lo tanto, podemos ser parte de las acciones de manejo que contribuyan a mitigar los efectos negativos que les genera a las gaviotas consumirlo. Desde nuestro hogar, separando la basura, reutilizando, usando menos plásticos, reduciendo la cantidad de basura que mandamos al basural. Y también, cuidando los espacios naturales que utilizamos como recreación o para hacer deporte. ah! y por supuesto, ¡no alimentando a la fauna silvestre!

## Glosario de términos

**Antrópico:** Producido o modificado por la actividad humana.

**Artrópodos:** Del grupo de los invertebrados, de cuerpo cubierto por una cutícula y provisto de apéndices (ej. patas) compuestos de piezas articuladas o artejos; p. ej., los insectos, los crustáceos o las arañas.

**Cestodes:** Gusano del grupo de los platelmintos, con el cuerpo largo y aplanado como una cinta y dividido en segmentos, que carece de aparato digestivo, vive en cavidades del cuerpo de otros animales, a cuyas paredes se fijan mediante ventosas o ganchos, y se alimenta absorbiendo por su piel líquidos nutritivos del cuerpo de su huésped; por ejemplo, la lombriz solitaria.

**Difilobotriosis:** zoonosis parasitaria causada por un cestode del género *Diphyllobothrium* cuyo estado adulto se desarrolla en mamíferos y aves piscívoras, y sus fases larvianas se forman sucesivamente en ambientes acuáticos, crustáceos copépodos y peces, respectivamente. La infección humana y, en general, la de aquellos organismos que participan como hospedero definitivo es adquirida por el consumo de carne cruda, ahumada o sometida a cocción insuficiente de peces infectados con larvas.

**Ecllosionar:** Dicho de una crisálida o de un huevo: Pasar a tener rota su envoltura para permitir la salida o nacimiento del animal.

**Egagrópila:** Bola de alimento no digerido que regurgitan algunas aves, y que suele estar compuesta de pelos, huesos, plumas.

**Enterobacteria:** familia de bacterias (*Enterobacteriaceae*) que forman parte de la flora intestinal de animales, incluyendo el ser humano, aunque también pueden vivir sobre la vegetación y de forma libre en el agua y el suelo. Muchas enterobacterias no son perjudiciales, pero también las hay patógenas, como por ejemplo, *Escherichia coli*.

**Fecundidad:** facultad de producir, fertilidad.

**Ictiófagos:** Que se alimenta de peces.

**Lacustres:** Perteneciente o relativo a los lagos. Que habita, está o se desarrolla en un lago o sus orillas.

**Patógeno:** Que origina y desarrolla una enfermedad.

**Parásito:** Dicho de un organismo animal o vegetal: Que vive a costa de otro de distinta especie, alimentándose de él y debilitándolo sin llegar a matarlo.

**Regurgitar:** Expeler por la boca, sin esfuerzo o sacudida de vómito, sustancias sólidas o líquidas contenidas en el esófago o en el estómago.

**Tarso:** Conjunto de huesos cortos, siete en la especie humana, que forman parte del esqueleto de las extremidades posteriores de los anfibios, reptiles y mamíferos, situado entre los huesos de la pierna y el metatarso. Parte más delgada de las patas de las aves, que une los dedos con la tibia y ordinariamente no tiene plumas

**Supervivencia:** Acción y efecto de sobrevivir

**Vector:** Ser vivo que puede transmitir o propagar una enfermedad.

**Zoonosis:** Enfermedad o infección que se da en los animales y que es transmisible a las personas en condiciones naturales.

## Agradecimientos

Agradezco a mis directores Pablo Yorio y Valeria Ojeda, por acompañarme en este proyecto en cada paso. Gracias al CONICET por la beca post-doctoral que me permitió llevar a cabo el proyecto. Gracias al personal de la delegación Patagonia Norte por permitirnos llevar adelante este proyecto de investigación y a la Intendencia del Parque Nacional Nahuel Huapi por el apoyo brindado. Agradecemos a toda la gente que ha trabajado en el campo para hacer monitoreos de las colonias y conseguir las muestras, Ariel Mayoral, Pablo Alvear, Silvina Ippi, Melina Barrionuevo, Natalia Cossa, Tamara Zalewski, Mariel Guala, Milena Manzur, Paula Hoffer, Agustina Iglesias, Facundo Carrasco, Gala Ortiz, Laura Casalins. A la Universidad Nacional del Comahue (CRUB-UNComa) y el Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medio Ambiente (INIBIOMA-CONICET-UNComa) por el transporte en bote a las islas. Gracias a Nicolás de la Cruz y Susana Dominik, por permitirnos amarrar el bote en el muelle. Agradecemos a CAU-CAU que contribuyó económicamente con el proyecto.

## Bibliografía consultada

- Belant, J.L. 1997. Gulls in urban environments: Landscape-level management to reduce conflict. *Landscape Urban Planning*, 38:245–258
- Casalins, L., Arbetman M., Semenas L., Veleizán, A. y G. Viozzi. 2015. Difelobotriosis en gaviotas: pasado y presente de esta zoonosis en el Parque Nacional Nahuel Huapi. *Revista Argentina de Zoonosis y Enfermedades Infecciosas Emergentes*, 10:38–39.
- Frere E., Gandini P. y R. Martínez Peck. 2000. Gaviota Cocinera (*Larus dominicanus*) como vector potencial de patógenos en la costa Patagónica. *El hornero*, 15:93–97.
- Frixione M.G. y P.A.E. Alarcón. 2016. Composición De La Dieta Post-Reproductiva de La Gaviota Cocinera (*Larus Dominicanus*) en el Lago Nahuel Huapi, Patagonia Argentina. *Ornitología Neotropical*, 27:217–221.
- Frixione M.G., Casaux R., Villanueva C. y P.A.E. Alarcón. 2012. A recently established Kelp Gull colony in a freshwater environment supported by an inland refuse dump in Patagonia. *Emu*, 112:174–178
- Lisnizer N., García-Borboroglu P. y P. Yorio. 2014. Demographic and Breeding Performance of a New Kelp Gull *Larus dominicanus* Colony in Patagonia, Argentina. *Ardeola*, 61:3–14.
- Oro D., Genovart M., Tavecchia G., Fowler, M.S. y A. Martínez-Abraín. 2013. Ecological and evolutionary implications of food subsidies from humans. *Ecology Letters*, 16:1501–1514.
- Plaza P.I. y S.A. Lambertucci. 2017. How are garbage dumps impacting vertebrate demography, health, and conservation? *Global Ecology and Conservation*, 12:9–20.



Credito de foto: Démian Belmonte



### Rosciano Natalia G.

Me gustan las aves marinas y me interesa estudiar aspectos de su ecología trófica que nos permiten entender sus adaptaciones a los ambientes que habitan, y el impacto que las actividades humanas generan en sus poblaciones. Estos estudios permiten generar información de base para la conservación y el manejo de las especies y los ecosistemas que habitan. Actualmente, estoy estudiando a la Gaviota Cocinera que anida en sistemas lacustres y antropizados de la Patagonia Andina con acceso a fuentes subsidiarias de alimento (ej. Basura).

# Los aportes nutricionales de los hongos comestibles del Parque Nacional Nahuel Huapi

Rugolo M.; González G.; Masera P.; Barroetaveña C.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>CONICET/Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico (CIEFAP), Ruta 259 km 3.4, Esquel, Chubut, Argentina  
mrugolo@ciefap.org.ar

## [ Resumen ]

Los hongos silvestres comestibles (HSC) constituyen un alimento funcional de fácil aprovechamiento. Su valor culinario y comercial se debe principalmente a sus propiedades organolépticas, cualidades nutricionales y a sus características medicinales. Los bosques de *Nothofagus spp.* albergan numerosas especies de hongos con potencial valor alimenticio. En este estudio se muestrearon 11 especies de HSC endémicos y cosmopolitas de Patagonia (pertenecientes a los géneros: *Aleuria*, *Aleurodiscus*, *Cortinarius*, *Cyttaria*, *Fistulina*, *Grifola*, *Hydropus*, *Lycoperdon*, y *Ramaria*) para analizar su composición nutricional.

Los esporomas fueron liofilizados, molidos y extractados para analizar la composición proximal según métodos AOAC: grasas, carbohidratos, cenizas, proteínas y valor energético. Los mayores valores de grasas se encontraron en *A. vittelinus* y *C. magellanicus*, de proteína en *L. perlatum*, y de energía en *C. hariotii*. Disponer de información nutricional y nutracéutica sobre la diversidad natural de hongos comestibles patagónicos ayudará a incorporarlos en una alimentación funcional, que los elija como alimentos seguros, nutritivos y saludables, y a utilizarlos en una micogastronomía identitaria vinculada al desarrollo turístico.

## [ Abstract ]

Wild edible mushrooms (WEM) are an easy-to-use functional food. Its culinary and commercial value is mainly due to its organoleptic properties, nutritional qualities and its medicinal characteristics. *Nothofagus* forests of the Andean Patagonian region host to numerous species of fungi with potential food value. In this study, 11 species of endemic and cosmopolitan WEM from Patagonia were harvested (*Aleuria aurantia*, *Aleurodiscus vitellinus*, *Cyttaria hariotii*, *Cortinarius magellanicus*, *Cortinarius xiphidipus*, *Fistulina antarctica*, *G. sordulenta*, *Hydropus dusenii*, *Lycoperdon perlatum*, *Ramaria botrytis* and *R. patagonica*) to analyze its nutritional composition. The sporomes were lyophilized, pulverized and extracted to analyze the proximal composition according to AOAC methods: fats, ashes, proteins, carbohydrates and energy value. The highest fat values were found in *A. vittelinus* and *C. magellanicus*, protein in *L. perlatum*, and energy in *C. hariotii*. Having nutritional and nutraceutical information about the natural diversity of Patagonian edible mushrooms will help to incorporate them into a functional diet, which chooses them as safe, nutritious and healthy foods, and to use them in an identity micogastronomy linked to tourism development.

## Contribución al Parque Nacional Nahuel Huapi



Este trabajo enlista las especies más frecuentes de hongos nativos para 3 áreas del Parque Nacional Nahuel Huapi (PNNH). Se aportan además características nutricionales y fenológicas de las mismas. Conocer la diversidad de hongos silvestres comestibles con potencialidad alimenticia funcional plantea la necesidad de generar criterios de manejo y aprovechamiento sustentable de este PFNM del bosque nativo. El PNNH representa un área de reservorio genético de estas especies, por ende, un espacio para continuar estudiando variables ambientales que condicionan su aparición y aspectos del manejo sustentable, sumado al monitoreo de presencia de las especies que realiza el parque y que siguen siendo de índole fundamental para su preservación.



## Introducción

Los hongos silvestres comestibles (HSC) constituyen uno de los productos forestales no maderables (PFNM) del bosque andino patagónico. Muchas de estas especies son tradicionalmente apreciadas por el pueblo Mapuche y comunidades locales, quienes les han dado un uso continuo en el tiempo, aprovechando sus atributos nutricionales y representando un producto de venta regional (Molares et al. 2020). Es por ello que su utilización y manejo sostenible son cruciales para mantener los rodales forestales y brindar bienestar a las comunidades humanas que habitan o rodean estos ambientes. La investigación y el desarrollo de conocimientos sobre estas especies podrían desempeñar un papel importante en el suministro de alimentos y la seguridad alimentaria en el futuro, contribuyendo así al objetivo mundial de Hambre Cero (Pérez-Moreno et al. 2021; Barroetaveña & Toledo 2017). El valor culinario y comercial que presentan se debe principalmente a sus propiedades sensoriales, como el aroma y el sabor, a sus cualidades nutricionales y a sus características medicinales. Diferentes hongos han sido estudiados en búsqueda de nuevas alternativas terapéuticas, encontrando que poseen propiedades bioactivas (Kalac et al. 2013) y que constituyen ricas fuentes de nutraceuticos responsables de su poder antioxidante y de sus propiedades antitumorales

(Wasser 2002; Soković et al. 2017). Los antioxidantes naturales están siendo estudiados extensivamente por su capacidad de proteger a los organismos y las células del daño causado por estrés oxidativo, siendo este último considerado una de las causas del envejecimiento y de enfermedades degenerativas. Los bosques de *Nothofagus spp.* de la región Andino Patagónica albergan numerosas especies de hongos con potencial valor alimenticio y alto valor nutricional. Este estudio incluye especies endémicas y cosmopolitas comestibles de Patagonia, algunas de las cuales ya han sido previamente estudiadas, para determinar su composición nutricional. La comparación a partir de ejemplares de hongos silvestres de diferentes áreas y hábitats ampliará así la información disponible, ya que estos compuestos presentan variabilidad según el ambiente de desarrollo (Liu et al. 2016). Esperamos que el aporte de estos datos genere mayor aceptación e interés social (micofilia) por estos valiosos recursos del bosque, de manera de incluirlos en una alimentación funcional, que los posicionen como alimentos seguros, nutritivos y saludables. Además, pueden ser incorporados en actividades novedosas como sendas de búsqueda, identificación y cosecha (micoturismo) o pueden aprovecharse en una oferta particular e idiosincrática de microgastronomía regional.

## Áreas de recolección y HSC recolectados

Se recolectaron ejemplares de los siguientes hongos silvestres (Fig. 1): *Aleuria aurantia* (Pers.) Fuckel, *Aleurodiscus vitellinus* (Lev.) Pat., *Cortinarius magellanicus* Speg., *Cortinarius xiphidipus* M.M. Moser y E. Horak, *Cyrtaria hariotii* E. Fisch, *Fistulina antarctica* Speg., *Grifola sordulenta* (Mont.) Singer, *Hydropus dusenii* (Bres.) Singer., *Lycoperdon perlatum* Pers., *Ramaria botrytis* (Pers.) Bourdot y *Ramaria patagonica* (Speg.) Corner, asociadas a bosque nativo de *Nothofagus spp.* en tres áreas del P.N. Nahuel Huapi (Puerto Blest, Lago Steffen, El Manso; Fig 2.). Las colecciones representativas de cada especie se herborizaron y depositaron en el Herbario del Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico (CIEFAP). Parte de las mismas se liofilizaron para los análisis nutricionales.

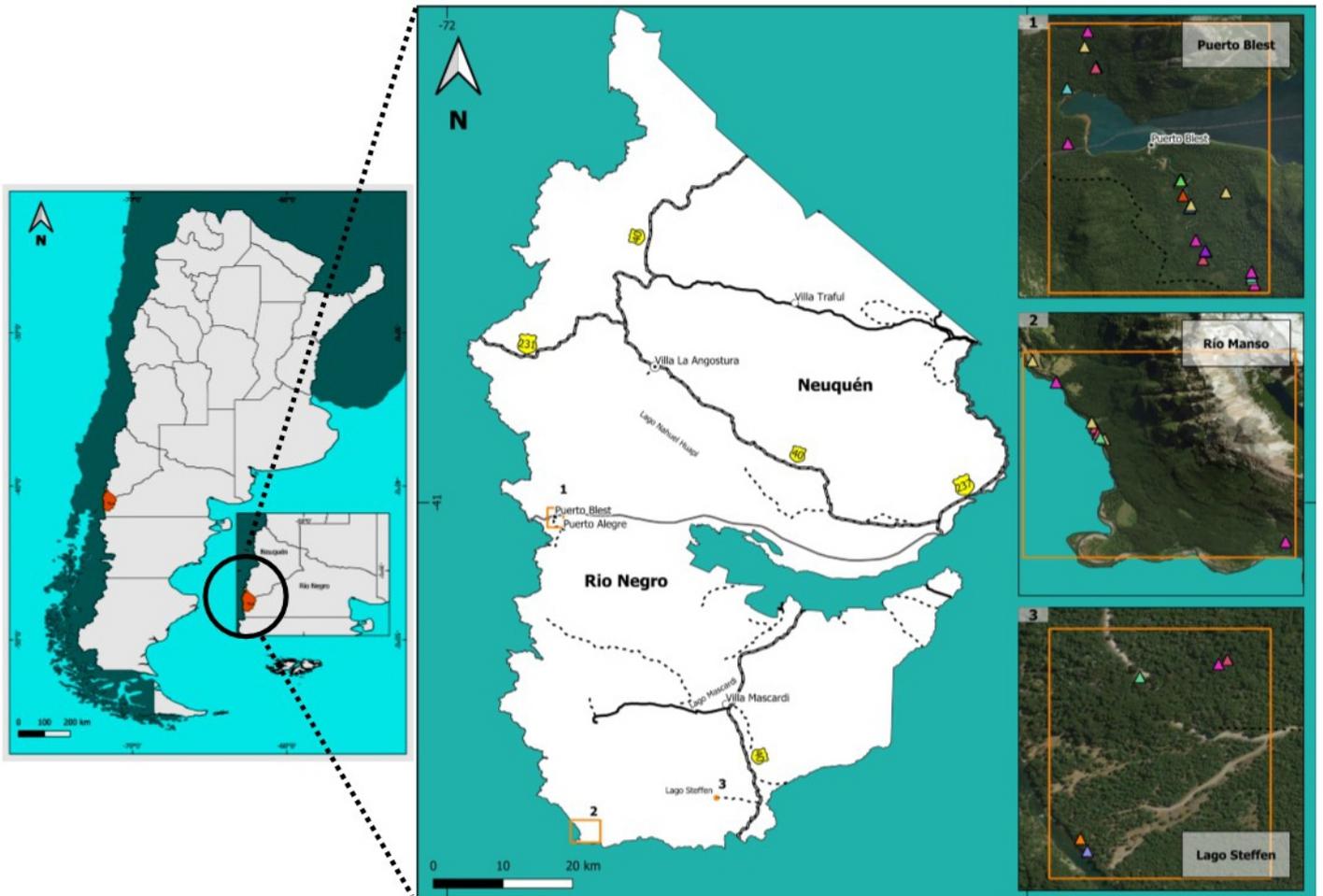
## Análisis químicos

La composición de macronutrientes consistió en la determinación de proteínas, lípidos, carbohidratos, fibras y cenizas. Esta se realizó usando las técnicas de AOAC: Proteínas, mediante AOAC 978.04; lípidos, mediante AOAC 920.85, y cenizas, mediante AOAC 923.03. Los carbohidratos totales se calcularon mediante diferencia. Se expresaron en gramos por 100 gramos de material deshidratado. Las calorías fueron calculadas mediante la fórmula: Energía (Kcal) =  $4 \times (\text{g proteínas} + \text{g carbohidratos}) + 9 \times (\text{g lípidos})$ . Se expresó en kcal por 100 g de material deshidratado.





Figura 1. Hongos silvestres comestibles del P.N. Nahuel Huapi. A: *Lycoperdon perlatum*; B: *Ramaria patagonica*; C: *Cyttaria hariotii*; D: *Cortinarius magellanicus*; E: *Ramaria botrytis*; G: *Cortinarius xiphidipus*; H: *Grifola sordulenta*; I: *Hydropus dusenii*; J: *Aleuria aurantia*; K y L: *Aleurodiscus vitellinus*.



- |                            |                       |                        |
|----------------------------|-----------------------|------------------------|
| Especies recolectadas      | ▲ Grifola sordulenta  | Red vial               |
| ▲ Aleuria aurantia         | ▲ Hydropus dusenii    | — Ruta Nacional        |
| ▲ Aleurodiscus vitellinus  | ▲ Lycoperdon perlatum | — Ruta Provincial      |
| ▲ Cortinarius magellanicus | ▲ Ramaria botrytis    | - - - Camino Terciario |
| ▲ Cortinarius xiphidipus   | ▲ Ramaria patagonica  | ⌈ ⌋ Límite provincial  |
| ▲ Fistulina antarctica     | ▲ Cyttaria hariotii   |                        |

Figura 2. Sitios de muestreo dentro del P. N. Nahuel Huapi



## Resultados

Las especies recolectadas, su nombre vulgar, sustrato asociado, rol ecológico y abundancia, se muestran en la Tabla 1. Los resultados de la composición química proximal y el valor energético están expresados en la Tabla 2. Las características organolépticas de los HSC registrados se informan en la Tabla 3 (Barroetaveña et al. 2020)

El contenido de proteína se detectó en altos niveles y varió entre 3.20 g/100 gps en *F. antarctica* y 36.60 g/100 gps en *L. perlatum*. En el top-cinco, concierne a los valores proteicos más elevados, encontramos a: *L. perlatum* (36.60 g/100 gps), *H. duseinii* (22.20 g/100 gps), *R. patagonica* (18.10 g/100 gps), *C. magellanicus* (14.40 g/100 gps) y *G. sordulenta* (12.60 g/100 gps). En comparación con estudios previos *A. vitellinus*, *C. magellanicus*, *F. antarctica*, *R. patagonica* y *R. botrytis* mostraron valores similares a los reportados por Toledo et al. (2016) en material fúngico de Argentina y Jacinto-Azevedo et al. (2021) con hongos de Chile. Si bien *C. hariatii* mostró similitudes en comparación dentro del género *Cyttaria*, otros estudios arrojaron valores más elevados, como por ejemplo, *C. espinosae* con valores de 17.46

g/100 gps (Jacinto-Azevedo et al. 2021) y *C. darwini*, con valores de 17.20 g/100 gps (Schmeda-Hirschmann et al. 1999). En base al peso seco, los hongos contienen normalmente 19 y 35% de proteína. Así, en cuanto a la cantidad de proteína cruda, están por debajo de la mayoría de las carnes animales, pero muy por encima de la mayoría de los demás alimentos, como la leche, el arroz o el trigo (Chang & Miles, 2004).

El contenido de grasas totales se determinó entre 0.70 g/100 gps (*F. antarctica*) y 4.70 g/100 g dw (*A. vitellinus*). Los niveles en *A. vitellinus*, *C. magellanicus* y *C. hariatii* fueron más elevados que los reportados previamente por Toledo et al. (2016); pero más bajos en *F. antarctica*, *H. duseinii* y *R. patagonica*. El contenido graso en *C. hariatii* fue similar al reporte previo de Schmeda-Hirschmann et al. 1999. Uno de los principales motivos por los cuales los hongos silvestres comestibles son reconocidos como una excelente fuente de alimento, es el bajo contenido de grasas. Chang & Miles (2004) reportaron que el contenido de grasas en hongos comestibles varía 1 y 15% por 100 g de hongo seco, incluyendo todos los tipos de

lípidos.

Las cenizas oscilaron entre 5.30 g/100 gps en *Cyttaria hariatii* a 32.00 g/100 g en *C. magellanicus*. El contenido de cenizas en los hongos comestibles varía entre 1 y 29 g/100 gps, y comprende una fuente de minerales esenciales. La concentración de K, P, Na, Ca, y Mg constituye el 56-70% del total del contenido de cenizas (Chang & Miles, 2004).

Los carbohidratos son los macronutrientes más abundantes y se registraron entre 49.00 g/100 gps (*C. magellanicus*) y 89.70 g/100 gps (*F. antarctica*). En comparación con otros estudios se reportaron valores similares para *G. gargal* y *R. botrytis*, menores para *A. vitellinus*, *C. magellanicus*, *C. hariatii*, *H. duseinii*, y más elevados para *R. patagonica* (Toledo et al. 2016, Jacinto-Azevedo et al. 2021).

El valor energético se determinó entre 293.00 Kcal/100 gps en *C. magellanicus* a 398.00 Kcal/100 gps en *G. gargal*. Otras especies que presentaron valores elevados fueron *C. hariatii* (392.00 kcal/100 gps), *A. vitellinus* (387.00 kcal/100 gps) y *L. perlatum* (382.00 kcal/100 gps).

| Nombre científico               | Nombre común          | Sustrato                                  | Rol ecológico | Abundancia local |
|---------------------------------|-----------------------|---|---------------|------------------|
| <i>Aleuria aurantia</i>         | cáscara de naranja    | Suelo (bajo coihue o lenga)               | saprófita     | ocasional        |
| <i>Aleurodiscus vitellinus</i>  | oreja gelatinosa      | Madera muerta/viva (coihue, lenga o ñire) | lignícola     | común            |
| <i>Cyttaria hariatii</i>        | llao - llao           | Madera viva (coihue, lenga o ñire)        | parásita      | frecuente        |
| <i>Cortinarius magellanicus</i> | sombrero violeta      | Suelo (asociada a ñire, coihue o lenga)   | micorrízica   | frecuente        |
| <i>Cortinarius xiphidipus</i>   | pie largo             | Suelo (asociada a ñire, coihue o lenga)   | micorrízica   | frecuente        |
| <i>Fistulina antarctica</i>     | lengua de vaca        | Madera viva/muerta (coihue, lenga o ñire) | lignícola     | común            |
| <i>Grifola sordulenta</i>       | gargal del coihue     | Madera viva/muerta (coihue)               | lignícola     | ocasional        |
| <i>Hydropus duseinii</i>        | trompetita traslúcida | Madera muerta (coihue)                    | lignícola     | ocasional        |
| <i>Lycoperdon perlatum</i>      | hongo polvera         | Suelo (bajo ñire, coihue o lenga)         | saprófita     | frecuente        |
| <i>Ramaria botrytis</i>         | coliflor rosa         | Suelo (asociada a ñire, coihue o lenga)   | micorrízica   | frecuente        |
| <i>Ramaria patagonica</i>       | changle               | Suelo (asociada a ñire, coihue o lenga)   | micorrízica   | frecuente        |

Tabla 1. Hongos silvestres comestibles registrados para el P.N. Nahuel Huapi

| Especies               | Grasas totales            | Proteína cruda             | Carbohidratos              | Cenizas                   | Energía                      |
|------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------------|
| <i>A. vitellinus</i>   | 4.70 ± 0.20 <sup>b</sup>  | 5.26 ± 0.01 <sup>kl</sup>  | 81.00 ± 1.00 <sup>c</sup>  | 8.90 ± 0.30 <sup>ef</sup> | 387.74 ± 0.04 <sup>bc</sup>  |
| <i>C. magellanicus</i> | 4.40 ± 0.20 <sup>b</sup>  | 14.40 ± 0.10 <sup>e</sup>  | 49.00 ± 2.00 <sup>i</sup>  | 32.00 ± 1.00 <sup>a</sup> | 293.00 ± 4.00 <sup>i</sup>   |
| <i>C. xiphidipus</i>   | 2.01 ± 0.04 <sup>e</sup>  | 12.30 ± 0.40 <sup>fg</sup> | 74.78 ± 0.06 <sup>d</sup>  | 10.90 ± 0.30 <sup>d</sup> | 366.00 ± 1.00 <sup>f</sup>   |
| <i>C. hariatii</i>     | 2.60 ± 0.20 <sup>d</sup>  | 5.87 ± 0.07 <sup>jk</sup>  | 86.20 ± 0.20 <sup>b</sup>  | 5.30 ± 0.30 <sup>h</sup>  | 392.00 ± 2.00 <sup>ab</sup>  |
| <i>F. antarctica</i>   | 0.70 ± 0.02 <sup>f</sup>  | 3.20 ± 0.10 <sup>m</sup>   | 89.70 ± 0.20 <sup>a</sup>  | 6.40 ± 0.30 <sup>g</sup>  | 378.00 ± 1.00 <sup>de</sup>  |
| <i>G. sordulenta</i>   | 1.97 ± 0.07 <sup>e</sup>  | 12.60 ± 0.07 <sup>f</sup>  | 71.00 ± 1.00 <sup>e</sup>  | 14.00 ± 1.00 <sup>c</sup> | 353.00 ± 3.00 <sup>g</sup>   |
| <i>H. duseinii</i>     | 3.10 ± 0.10 <sup>cd</sup> | 22.20 ± 0.60 <sup>c</sup>  | 63.00 ± 1.00 <sup>f</sup>  | 11.30 ± 0.30 <sup>d</sup> | 370.40 ± 0.40 <sup>ef</sup>  |
| <i>L. perlatum</i>     | 3.32 ± 0.10 <sup>c</sup>  | 36.60 ± 0.10 <sup>a</sup>  | 52.00 ± 0.30 <sup>h</sup>  | 8.10 ± 0.40 <sup>f</sup>  | 384.00 ± 2.00 <sup>bcd</sup> |
| <i>R. botrytis</i>     | 3.40 ± 0.10 <sup>c</sup>  | 12.60 ± 0.40 <sup>f</sup>  | 73.00 ± 1.00 <sup>de</sup> | 11.00 ± 1.00 <sup>d</sup> | 373.00 ± 1.00 <sup>ef</sup>  |
| <i>R. patagonica</i>   | 0.90 ± 0.02 <sup>f</sup>  | 18.10 ± 0.20 <sup>d</sup>  | 72.40 ± 0.30 <sup>de</sup> | 8.60 ± 0.10 <sup>f</sup>  | 370.20 ± 0.50 <sup>ef</sup>  |

Tabla 2. Composición química proximal (g/100 g) y valor energético (Kcal/100 g) de los hongos silvestres comestibles es

| Especie                         | Características organolépticas   |
|---------------------------------|--|
| <i>Aleuria aurantia</i>         | Carne delgada de color naranja, quebradiza, se parte con suma facilidad. Posee un sabor muy suave, sin aroma distintivo.   |
| <i>Aleurodiscus vitellinus</i>  | Carne delgada y firme, de textura carnosa. Aroma y sabor fúngico, muy agradable.   |
| <i>Cyttaria hariotii</i>        | Carne gruesa, amarillenta, de textura carnosa blanda. Aroma fúngico suave o a damasco suave y sabor fúngico dulce.   |
| <i>Cortinarius magellanicus</i> | Carne blanca, de textura mucilaginosa delicada (sombbrero). Aroma fúngico y sabor dulce suave en ejemplares frescos.   |
| <i>Cortinarius xiphidipus</i>   | Carne blanca, de textura mucilaginosa (sombbrero) y firme (pie). Aroma fúngico fuerte y sabor dulce suave.   |
| <i>Fistulina antarctica</i>     | Carne rojiza, de textura carnosa. Aroma fúngico suave y sabor dulce.   |
| <i>Grifola sordulenta</i>       | Carne muy delgada, blancuzca de textura carnosa firme. Aroma agradable y sabor fuerte.   |
| <i>Hydropus dusenii</i>         | Carne muy delgada, de textura cartilaginosa. Aroma y sabor fúngico.  |
| <i>Lycoperdon perlatum</i>      | Carne blanca, de textura carnosa. Aroma y sabor fúngico cuando inmaduro, que es el único estadio comestible. Cuando la gleba (tejido interno del esporoma) se oscurece cambian sus cualidades y debe desecharse. |
| <i>Ramaria botrytis</i>         | Carne blanca, consistencia carnosa y fibrosa en ejemplares jóvenes. Sin aroma significativo, con sabor suave y afrutado en ejemplares jóvenes.   |
| <i>Ramaria patagonica</i>       | Carne anaranjada pálida, de textura carnosa aterciopelada. Aroma fúngico suave y sabor dulce amaderado.  |

Tabla 3. Características organolépticas de los HSC registrados para el P.N. Nahuel Huapi.

## Consideraciones finales

Además de la información reportada, como parte del estudio de investigación, se identificaron y cuantificaron los ácidos grasos, azúcares, ácidos orgánicos y compuestos fenólicos de estas y otras especies de la región andino-patagónica. Respecto a la parte medicinal, se realizaron ensayos de actividad antimicrobiana, citotóxica y antioxidante. Esta información estará disponible en su totalidad en próximas publicaciones.

En conclusión, consideramos de suma importancia el estudio y conservación de estos organismos ya que los HSC pueden contribuir a la sostenibilidad forestal, el suministro de alimentos, la conservación biocultural y la mitigación del hambre y el cambio climático.

## Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Administración de Parques Nacionales por la predisposición para realizar los muestreos ligados al proyecto de investigación "Los hongos silvestres de Patagonia como alimentos funcionales y gourmet: filogenia molecular, evaluación nutricional y de la actividad antioxidante", y tanto al CIEFAP como al CONICET por el financiamiento otorgado.

## Glosario

**Alimento funcional:** se considera como tal a todo alimento que, además de su valor nutritivo, contiene componentes biológicamente activos que aportan algún efecto añadido y beneficioso para la salud y reducen el riesgo de contraer ciertas enfermedades.

**Antimicrobiana:** Que puede matar o detener el crecimiento de microorganismos.

**Antioxidantes:** Compuestos químicos que interactúan con los radicales libres y los neutralizan, lo que les impide causar daño a las células.

**Citotóxica:** Que tiene un efecto tóxico sobre determinadas células.

**Esporoma:** Parte macroscópica de los hongos, encargada de la producción de esporas.

**Lignícola:** Organismo que crece sobre madera o sustratos formados por compuestos leñosos

**Micofilia:** Aceptación por el uso y consumo de hongos. En las sociedades micofílicas los hongos son muy apreciados y existe una larga tradición de consumo.

**Micorriza:** Asociación simbiótica entre el sistema radicular de las plantas y un hongo especializado del suelo.

**Organoléptica:** Características físicas que tiene la materia en general: sabor, textura, olor, color o temperatura.

**Saprófito:** Organismos que viven sobre material orgánico, muerto o en descomposición.

## Bibliografía consultada

- AOAC. 2016. Official Methods of Analysis, 20th ed.; Association of Official Analytical Chemists: Arlington, VA, USA.
- Barroetaveña, C. & Toledo, C.V. 2017. The nutritional benefits of mushrooms (Chapter 3). In: Ferreira I.C.F.R., Morales Gómez P. & Barros L. (Eds.) Wild Plants, Mushrooms and Nuts: Functional Food Properties and Applications. Wiley-Blackwell.
- Barroetaveña, C., López, S., Pildain, B. 2020. Cocinar con hongos silvestres: Descripción nutricional, propiedades, modos de consumo y preservación de los hongos silvestres de Patagonia. Manual N° 20. CIEFAP.
- Chang, S.T. & Miles, P.G. 2004. The nutritional attributes of edible mushrooms. In *Mushrooms: Cultivation, Nutritional Value, Medicinal Effect and Environmental Impact*, 2nd ed.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, pp. 27–52.
- Jacinto-Azevedo, B., Valderrama, N., Henríquez, K., Aranda, M., Aqueveque, P. 2021. Nutritional value and biological properties of Chilean wild and commercial edible mushrooms. *Food Chemistry*, 356.
- Kalač, P. 2013. A review of chemical composition and nutritional value of wild-growing and cultivated mushrooms. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93 (2), 209–218.
- Liu, Y., Chen, D., You, Y., Zeng, S., Li, Y., Tang, Q., Han, G., Liu, A., Feng, C., Li, C., Su, Y., Su, Z., Chen, D. 2016. Nutritional composition of boletus mushrooms from Southwest China and their antihyperglycemic and antioxidant activities. *Food Chemistry*, 211, 83–91.
- Molares, S., Toledo, C.V., Stecher, G., Barroetaveña, C. 2020. Traditional mycological knowledge and processes of change in Mapuche communities from Patagonia, Argentina: A study on wild edible fungi in Nothofagaceae forests. *Mycologia*, 112 (1), 9-23.
- Perez-Moreno, J., Guerin-Laguette, A., Rinaldi, A., Yu, F., Verbeken, A., Hernández-Santiago, F., Martínez-Reyes, M. 2021. Edible mycorrhizal fungi of the world: What is their role in forest sustainability, food security, biocultural conservation and climate change?. *Plants People Planet*, 3, 471–490.
- Schmeda-Hirschmann, G., Razmilic, I., Gutierrez, M. I., Loyola, J. I. 1999. Proximate composition and biological activity of food plants gathered by Chilean Amerindians. *Economic Botany*, 53(2), 177.
- Soković, M., Ćirić, A., Glamočlija, J., & Stojković, D. 2017. The bioactive properties of mushrooms. *Wild plants, mushrooms and nuts: functional food properties and applications*. Wiley-Blackwell, Chichester, 83-122.
- Toledo, C., Barroetaveña, C., Fernandes, A., Barros, L., Ferreira, I. 2016. Chemical and antioxidant properties of wild edible mushrooms from native Nothofagus spp. forest, Argentina. *Molecules*, 21 (9), 1201.
- Wasser, S. 2002. Medicinal mushrooms as a source of antitumor and immunomodulating polysaccharides. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 60 (3), 258-274
- Rugolo M, Spréa RM, Dias MI, Pires TCSP, Añibarro-Ortega M, Barroetaveña C, Caleja C, Barros L (2022) Nutritional composition and bioactive properties of wild edible mushrooms from native Nothofagus Patagonian forests. *Foods* 11,3516. <http://doi.org/10.3390/foods11213516>.



### Maximiliano Rugolo

Doctor en ciencias biológicas de la Universidad de Buenos Aires. Desarrolla sus actividades en CIEFAP en el área de Fitopatología y Microbiología Aplicada como investigador asistente del CONICET. Sus tareas de investigación

se abocan al cultivo y análisis enzimáticos de hongos comestibles y medicinales en sustratos provenientes de residuos agrícolas y forestales, y al estudio taxonómico, ecológico y de las propiedades nutricionales y medicinales de los hongos silvestres de Patagonia. Además es docente titular de la materia "Producción de hongos comestibles" en la licenciatura de Agroecología de la Universidad Nacional de Río Negro.



### Gabriela Celeste González

Lic. en Cs. Biológicas. Becaria doctoral CONICET en CIEFAP. Sus tareas de investigación abordan el estudio de los hongos silvestres comestibles presentes en los bosques andinos patagónicos, desde su

conocimiento taxonómico hasta la evaluación de métodos de preservación postcosecha que permitan su comercialización. Dentro de las actividades del laboratorio de producción de blanco trabaja en el cultivo de especies con usos medicinales y en protocolos de cultivo para la domesticación de especies nativas.



### Carolina Barroetaveña

Doctora en Biología. Desarrolla actividades en el Centro forestal CIEFAP como Investigadora independiente del CONICET, y es docente en las Cátedras "Patología Forestal" y "Servicios

ecosistémicos y bienes no madereros del bosque" en la Universidad Nacional de La Patagonia San Juan Bosco. Sus tareas de investigación se centran en Micología Forestal aplicada: el estudio multidisciplinario de los hongos silvestres comestibles presentes en los ambientes boscosos de la región Patagónica, el cultivo de hongos comestibles y medicinales, y el estudio de las micorrizas en ambientes de bosque, su taxonomía, ecología, manejo e introducción en los viveros forestales. Dirige el Laboratorio de producción de blanco de hongos comestibles de CIEFAP.



### Pablo Masera

Ingeniero forestal, actualmente se desempeña como becario doctoral en el CIEFAP. Investiga los procesos que intervienen en el decaimiento y mortalidad de los bosques de *Nothofagus dombeyi* (Coihue), asociados a

sequías. Su trabajo busca determinar los mecanismos asociados a la sensibilidad ante agentes estresores, tanto bióticos como abióticos, en un contexto de cambio climático. Por otro lado, analiza los efectos de patógenos asociados a sus bosques naturales, sobre parámetros morfológicos y ecofisiológicos bajo condiciones semicontroladas en vivero y laboratorio.

# Factores que afectan las dinámicas de los arroyos andinos del norte de la Patagonia

Sosnovsky Alejandro<sup>1</sup>, Fernández María Valeria<sup>1</sup>,  
Rechencq Magalí<sup>2</sup>, Lallement Mailén Elizabeth<sup>2</sup>,  
Zattara Eduardo Enrique<sup>3</sup>, Cantet Rodolfo Juan Carlos<sup>3,4</sup>  
& Feijóo Claudia Silvana<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Evaluación y Manejo de Recursos Ícticos, Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente (Universidad Nacional del Comahue-CONICET), Quintral 1250 (8400) Bariloche.

<sup>2</sup> Grupo de Estudios Ambientales-IMASL, (Universidad Nacional de San Luis-CONICET), Av. Italia 1556 (5700) San Luis.

<sup>3</sup> Departamento de Producción Animal, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Av. San Martín 4453 (1417) CABA.

<sup>4</sup> Instituto de Investigaciones en Producción Animal (CONICET-Universidad de Buenos Aires), Av. San Martín 4453 (1417) CABA.

<sup>5</sup> Programa Biogeoquímica de Ecosistemas Dulceacuícolas, (INEDES-CONICET), Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Nacional de Luján, Ruta 5 y Av. Constitución (6700) Luján.

## Contribución al Parque Nacional Nahuel Huapi



Los estudios que sintetizamos en este trabajo evidencian la íntima relación de los ecosistemas fluviales con su entorno y destacan la relevancia del régimen del caudal en el funcionamiento de los arroyos andino-norpatagónicos. Indicamos los distintos caminos que recorre el agua a través de la cuenca de drenaje hasta alcanzar los arroyos y la necesidad de estudiar el régimen del caudal para obtener así una mejor comprensión de las dinámicas físico-químicas y biológicas de estos ecosistemas. Además, enumeramos una serie de acciones a realizar a nivel local con el propósito de contribuir a la conservación de los ecosistemas fluviales del Parque Nacional. El presente trabajo revaloriza el estado ecológico de nuestro entorno y la importancia de su preservación y conservación para las generaciones futuras.

## [ Resumen ]

Los arroyos son ecosistemas altamente dependientes del clima, la topografía y la cuenca de drenaje que los rodea. Sus dinámicas físico-químicas y biológicas están determinadas por el régimen del caudal. Los arroyos andino-norpatagónicos se caracterizan por un incremento del caudal en la primavera, ser oligotróficos y drenar cuencas con un bajo impacto antrópico. Los objetivos del presente trabajo consistieron en relacionar las dinámicas fluviales de los arroyos Casa de Piedra y Gutiérrez con el clima, la topografía y sus respectivas cuencas de drenaje; y determinar la relación entre la densidad poblacional humana y la concentración de nutrientes en arroyos de la cuenca del arroyo Gutiérrez. Las cuencas de estudio pertenecen al Parque Nacional Nahuel Huapi y una parte de estas se encuentran dentro del ejido municipal de San Carlos de Bariloche. El régimen del caudal de los arroyos presentó 3 períodos hidrológicos contrastantes, de Precipitaciones, de Deshielo y Basal. Este régimen se vio amortiguado en el arroyo Gutiérrez por la presencia del gran lago en su cabecera. Los arroyos presentaron características físico-químicas propias de cada uno de los períodos hidrológicos. Por otro lado, la urbanización de la cuenca de drenaje fue claramente en desmedro de la calidad ecológica de los ecosistemas fluviales. En el marco de cambio global, podemos predecir cambios importantes en el funcionamiento de los ecosistemas estudiados. Aun así, somos privilegiados de vivir en un Parque Nacional; es nuestro deber y el de las instituciones pertinentes conservarlo para las generaciones futuras.

## [ Abstract ]

Streams are ecosystems that are highly dependent on the weather, the topography and the basin that encompass them. The chemical, physical and biological dynamics are determined by the flow regime of the stream. Characteristics of North Patagonian Andean streams are an increase in discharge during spring, the fact that are oligotrophic and the drainage of their basins with a low anthropic impact. The goal of this paper was to relate the fluvial dynamics of two streams (Casa de Piedra and Gutiérrez) with weather, topography, and their drainage basins. In addition, we attempted to determine the relationship between human population density and nutrient concentration in the water flows from the Gutiérrez basin. The stream basins of Casa de Piedra and Gutiérrez are located within the Nahuel Huapi National Park, within the limits of the city of San Carlos de Bariloche. The flow regime of the streams displayed three contrasting hydrological periods: Precipitations, Snowmelt, and Baseflow, each having different characteristics. Hydrology of stream Gutiérrez was buffered by its great upstream lake. On the other hand, the cityscape negatively affected the ecological quality of the stream ecosystems. It is predicted that the evaluated stream ecosystems will display important and negative global changes. Even though that, the National Park Nahuel Huapi is considered one of the more pristine all over the world, and it is our duty to conserve it for generations to come.



## Introducción

### Efectos del clima, la topografía y el uso de la cuenca de drenaje sobre los ecosistemas fluviales

El ciclo hidrológico es un ciclo biogeoquímico, el cual describe el flujo del agua a través de la biosfera. El agua precipita en forma de lluvia o de nieve en la región andina-norpatagónica (Figura 1). El agua de lluvia puede ser captada por la vegetación o caer directamente sobre superficies sin vegetación. El agua regresa a la atmósfera por evaporación directa o por transpiración a través de las plantas. La evaporación y la transpiración juntas se denominan evapotranspiración. Si el agua no se pierde por evapotranspiración, se infiltra en el suelo y puede ser almacenada como humedad; o percolar, alcanzando el agua subterránea. A medida que el suelo se satura de agua, esta escurre superficial o sub-superficialmente a través de la cuenca de drenaje alcanzando las aguas superficiales; como son los arroyos y los lagos. El agua precipitada en forma de nieve se almacena en las montañas, y una vez derretida escurrirá hacia los arroyos, aumentando sus caudales e incrementando el volumen de los lagos. Podemos decir entonces que el agua que alimenta un arroyo andino-norpatagónico proviene de distintos caminos, por la escorrentía del agua de lluvia, el derretimiento de la nieve y los glaciares, y a través del flujo subterráneo; esto último, por la conexión existente entre las aguas subterráneas y superficiales. Cada uno de estos caminos proveerá características físico-químicas particulares al arroyo. Es decir que el régimen del caudal y las características físico-químicas del agua de los arroyos están íntimamente ligados al ciclo hidrológico.

La integridad ecológica de los ecosistemas fluviales depende del régimen o dinámica del caudal (Poff et al. 1997). El régimen del caudal actúa a diferentes escalas temporales, desde unas pocas horas a decenas de años. Este régimen tiene a su vez 4 componentes. La magnitud, que es la cantidad de agua que pasa por un determinado lugar en un determinado tiempo. La duración, que consiste en el período de tiempo asociado a un determinado flujo del agua hacia el ecosistema fluvial. La predictibilidad o "timing", que consiste en la regularidad con que se observan caudales de determinada magnitud. Y la variabilidad o "flashiness", que representa cuán rápido un arroyo cambia de un valor de magnitud de caudal a otro. Los lagos son considerados como trampas de agua, por lo tanto, los ecosistemas fluviales con lagos en sus nacientes serán amortiguado este régimen. Todos los componentes del régimen del caudal son claves para comprender las dinámicas físicas, químicas y biológicas de los ecosistemas fluviales.

Hace tiempo que dejamos de ver a los ecosistemas fluviales como unidades separadas de su entorno (Allan & Castillo 2007). El sistema

en sí mismo y las comunidades que lo habitan son, en gran parte, consecuencia de las características de la cuenca de drenaje y las actividades que en ella se desarrollan. Las actividades humanas provocan un incremento de los nutrientes en los ecosistemas acuáticos. Este incremento de nutrientes, principalmente de fósforo y de nitrógeno, se conoce con el término de eutrofización. La eutrofización es una forma de contaminación, ya que puede incrementar la biomasa y la productividad de los organismos autótrofos del sistema; la misma proviene tanto de fuentes puntuales como difusas. Una fuente puntual de eutrofización es el vertido directo de desechos de una planta de tratamiento de aguas o industrial a través de un caño al ecosistema fluvial. A su vez, una fuente difusa de contaminación es consecuencia de los cambios en el uso de la tierra como podrían ser la urbanización y la deforestación, pues ambos procesos contribuyen a la impermeabilización y erosión del suelo. Los ecosistemas fluviales son entonces un reflejo de lo que ocurre en sus cuencas de drenaje.

Nuestra principal hipótesis de trabajo sostiene que el clima determina las dinámicas de los ecosistemas fluviales; estas a su vez, estarán moduladas por la topografía y el uso que el hombre hace de las cuencas de drenaje. Por lo tanto, suponemos que el régimen del caudal estará íntimamente ligado a las precipitaciones caídas en la cuenca de drenaje y la temperatura del aire en la región. Además, los arroyos pertenecientes a cuencas de drenaje con diferencias en cuanto a la topografía e intensidad de uso de la cuenca deberían de presentar dinámicas hidrológicas, químicas y biológicas contrastantes. En el presente trabajo ponemos a prueba estas hipótesis en arroyos de montaña del norte de la Patagonia.

### Sitio de estudio

Los ecosistemas de la región norte de la Patagonia Argentina se encuentran estructurados por la cordillera de los Andes (Paruelo et al. 1998). El clima de la región es templado frío (temperatura media anual de 8.7 °C) y se caracteriza por poseer veranos cálidos y secos. La cordillera de los Andes actúa de barrera sobre las masas de aire húmedo provenientes del Océano Pacífico, generando un gradiente de precipitaciones en el sentido Oeste – Este. Las precipitaciones medias rondan los 1500 mm anuales, alcanzan los 3500 mm en el Oeste y descienden a 600 mm en el Este. Las precipitaciones son estacionales y ocurren principalmente durante los meses de otoño e invierno. En la región existen diversos Parques Nacionales. El Parque Nacional Nahuel Huapi (PNNH) es el más antiguo y extenso de todos ellos y sus cuencas de drenaje se caracterizan por poseer una profusa red de ríos y arroyos tributarios de lagos profundos y oligotróficos. La vegetación está representada por distintas especies del género *Nothofagus*, *N. antartica* (ñire), *N. pumilio* (lenga), y *N.*

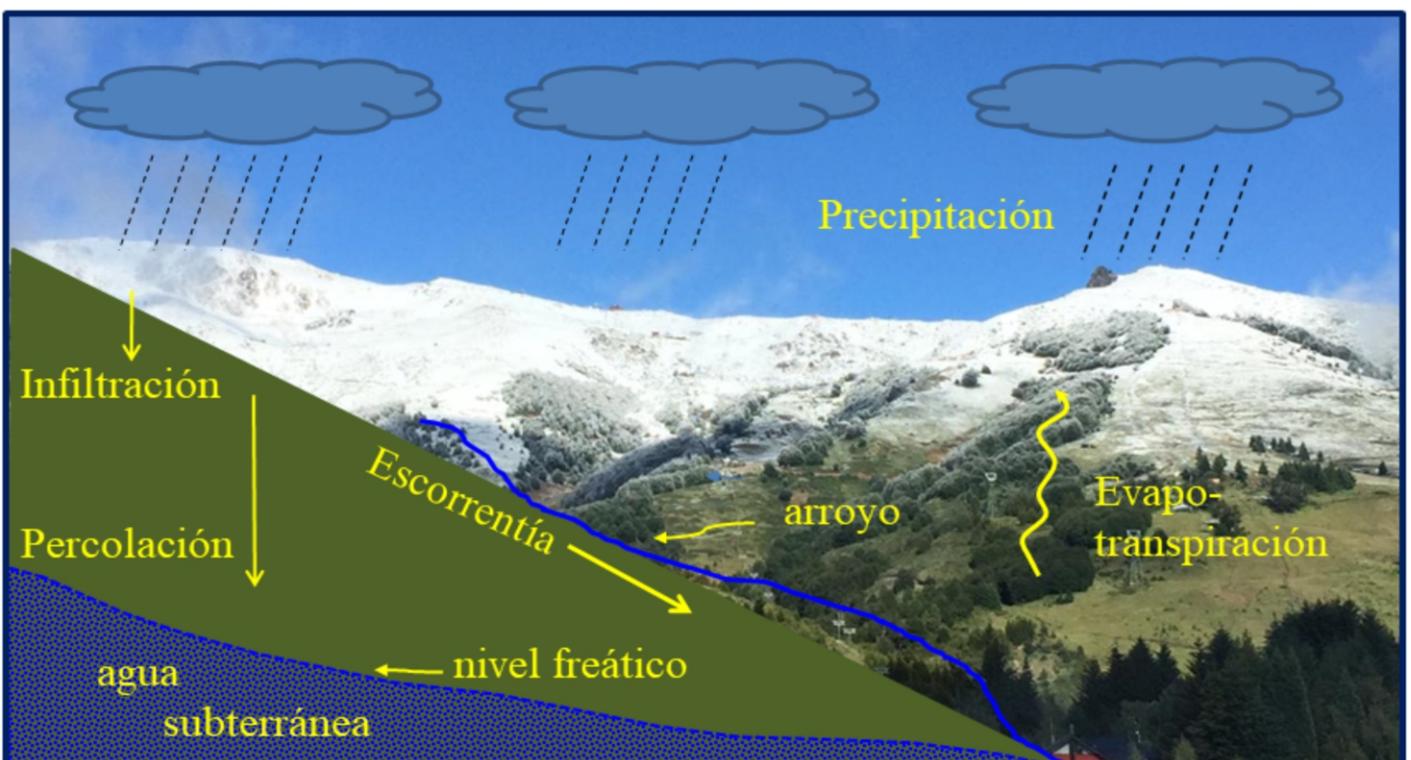


Figura 1. Versión simplificada del ciclo hidrológico en una cuenca de drenaje andina-norpatagónica. El agua precipita en forma de lluvia o nieve. La lluvia alcanza los cuerpos de agua superficiales por escorrentía o percolación, esto último debido a la conexión entre las aguas subterráneas y superficiales. La nieve acumulada en la montaña se derretirá un tiempo después, incrementando el caudal de los arroyos.

*dombeyi* (coihue). *Nothofagus antarctica* posee un amplio rango de distribución altitudinal, desde los 700 m s.n.m. hasta el límite de la línea arbórea (1600 m s.n.m.), *N. pumilio* en cambio, se encuentra a partir de los 1000 m s.n.m. A menores altitudes se pueden observar bosques monoespecíficos o mixtos de *N. dombeyi* (coihue), *Austrocedrus chilensis* (ciprés), *Lomatia hirsuta* (radal) y *Maytenus boaria* (maitén). Los suelos en estas cuencas son clasificados como Andisoles, los cuales se caracterizan por su capacidad de retener agua y fósforo. Dentro del PNNH se asienta la ciudad turística de San Carlos de Bariloche. Esta ciudad posee un extenso ejido municipal (275 km<sup>2</sup>) y una población actual cercana a los 146 000 habitantes (Bariloche Municipio 2021). Desarrollamos nuestras investigaciones en dos cuencas de drenaje pertenecientes al PNNH, las cuencas de los arroyos Casa de Piedra (41°07'30.11"S 71°27'13.16"W) y Gutiérrez (41°09'36.18"S 71°24'37.19"W). Estas cuencas se encuentran adyacentes entre sí, pero son muy contrastantes en relación a su topografía y al uso que el hombre hace de ellas. La cuenca del arroyo Casa de

Piedra es mayormente prístina y en ella se práctica el senderismo. Esta cuenca posee una superficie de 65.5 km<sup>2</sup>, y solo en su zona más baja se asienta la población. El arroyo Casa de Piedra nace en el lago Jakob, un pequeño y ultra-oligotrófico (1-3 mg m<sup>-3</sup> fósforo total (PT)) lago de altura ubicado a 1550 m s.n.m. A orillas del mismo se encuentra el refugio San Martín, refugio de montaña perteneciente al Club Andino Bariloche. En cambio, la cuenca del arroyo Gutiérrez drena un área mayor (161.6 km<sup>2</sup>) y un 10% de ella se encuentra ocupada por el lago homónimo. Este lago de piedemonte es extenso, profundo (111 m) y tiene una concentración de PT de 3.4 mg m<sup>-3</sup>. Algunas sub-cuencas de la cuenca del arroyo Gutiérrez están incluidas en el ejido municipal de San Carlos de Bariloche, incrementado sobremanera el uso que el hombre hace de ellas. Entre ellos podemos destacar la presencia de un centro de esquí, la extracción de madera, la plantación de especies arbóreas exóticas y amplias zonas residenciales. La mayoría de los domicilios de estas zonas no se encuentran conectados a la red cloacal de la ciudad. En consecuencia, los efluentes domiciliarios son tra-

tado "in situ" mediante un tratamiento primario, en un pozo ciego, una cámara séptica o biodigestor, seguido de un tratamiento secundario, en un lecho nitrificante cavado en el suelo. El arroyo posee una obra de regulación en su nacimiento y dos canales derivadores relacionados con las usinas Militar y de la Cooperativa de Electricidad Bariloche; sus riberas están ampliamente colonizadas por la vegetación exótica, *Salix fragilis* (sauce) y *Pinus sp.* (pino). Además, próximo al arroyo funciona el Centro de Salmonicultura Bariloche, una piscifactoría con una producción de 10 toneladas año<sup>-1</sup>. Esta piscifactoría capta agua del arroyo, la utiliza para la cría de los salmones y posteriormente la vierte al mismo, con los desechos generados por los peces y el alimento no consumido. Como consecuencia, se produce un incremento del fósforo y de la materia orgánica en este ecosistema fluvial (Díaz Villanueva et al. 2000). El arroyo Gutiérrez tiene una extensión de 9 km, fluye a través de un valle de escasa pendiente (5.9 m km<sup>-1</sup>) y desemboca en el lago Nahuel Huapi.

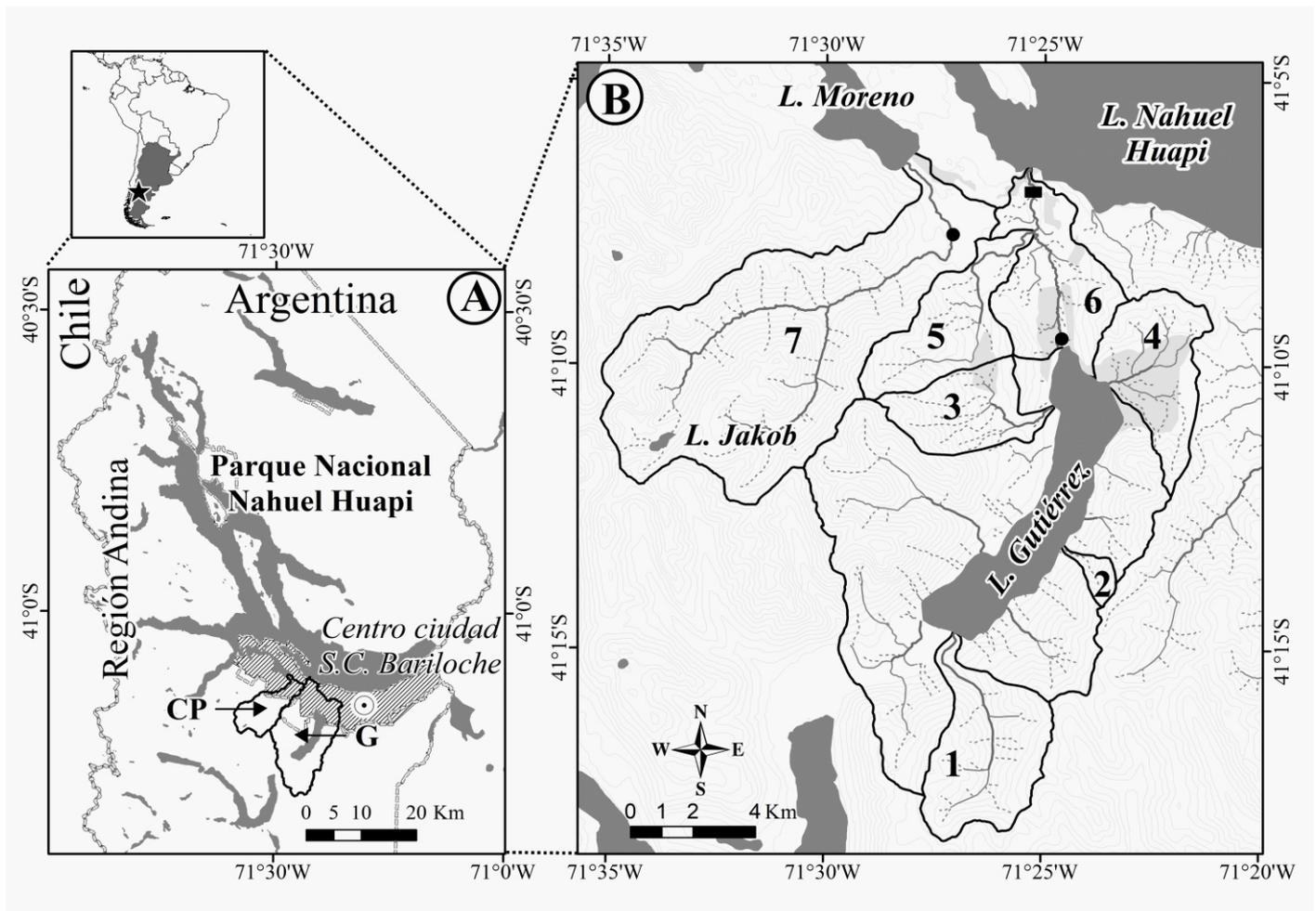


Figura 2. Sitio de estudio. a) Se indica el Parque Nacional Nahuel Huapi, el ejido Municipal de la ciudad de San Carlos de Bariloche (sombreado a rayas) y las cuencas de drenaje estudiadas, Gutiérrez (G) y Casa de Piedra (CP) b) Detalles de las cuencas y sub-cuencas pertenecientes a los arroyos (1) Torrontegui, (2) Melgarejo, (3) Pescadero, (4) Loncochinoco, (5) Cascada, (6) Gutiérrez y (7) Casa de Piedra. Las áreas urbanizadas están sombreadas en gris claro, los círculos negros indican las ubicaciones de los limnigrafos y el rectángulo negro indica la ubicación de la estación meteorológica.

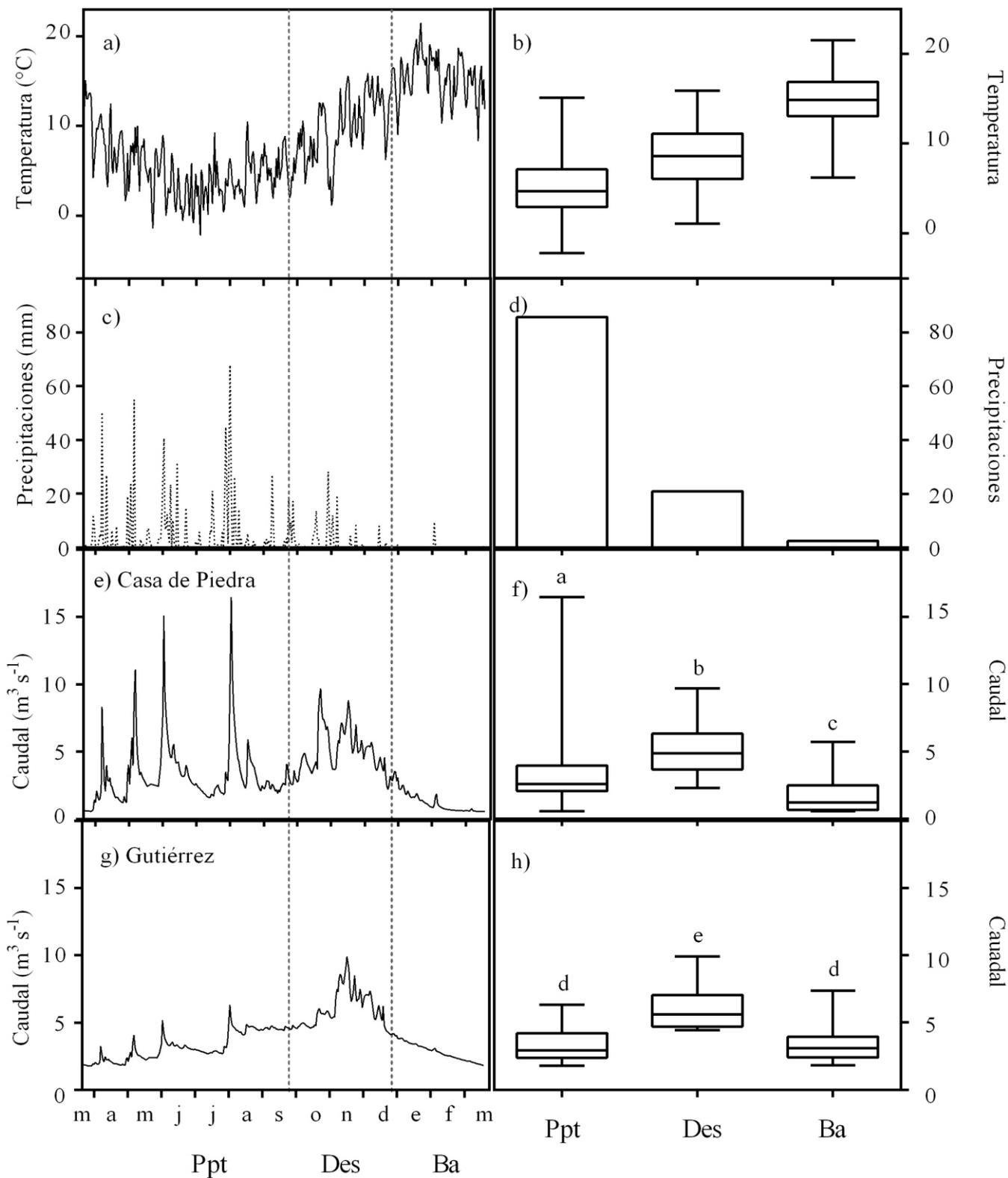


Figura 3. Panel izquierdo a) Temperatura, c) Precipitaciones, e) y g) hidrogramas de los arroyos. Las letras en el eje X indican los meses, comenzando en el mes de marzo (m) de 2014 y finalizando en el mes de marzo (m) de 2015. Panel derecho: representa el mismo conjunto de datos agrupados en diagramas de cajas correspondientes a los 3 periodos hidrológicos, Precipitaciones (Ppt) (n = 179), Deshielo (Des) (n = 81) y Basal (Ba) (n = 105); n representa el número de días. El límite inferior del rectángulo indica el percentil 25, una línea dentro del mismo marca la mediana y su límite superior indica el percentil 75. Los bigotes indican el rango. f) y h) Las letras (a, b, c, d y e) representan diferencias significativas del caudal ( $P < 0.05$ ) (modificado de Sosnovsky et al., 2020).

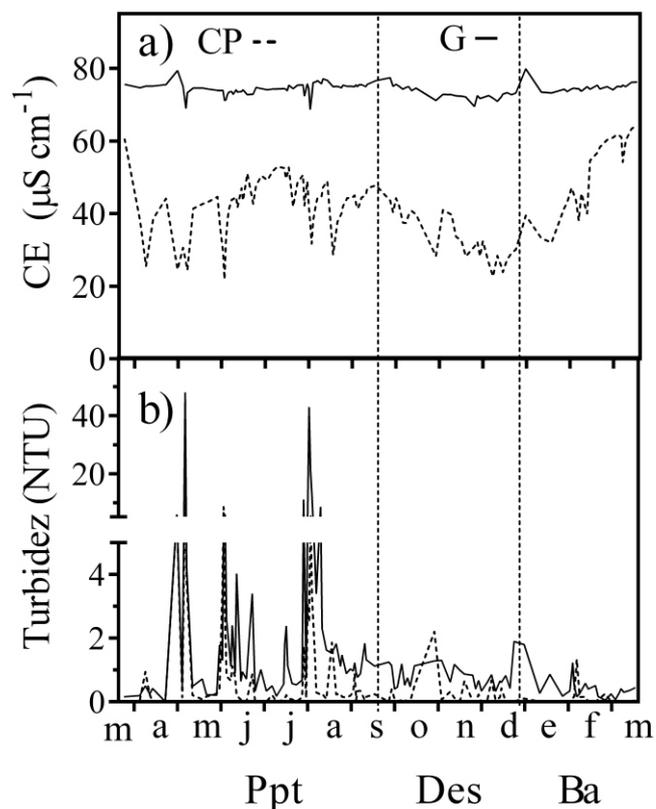


Figura 4: Variación temporal de a) la conductividad eléctrica (CE) y b) la turbidez del agua en los arroyos Casa de Piedra (CP) y Gutiérrez (G) desde marzo (m) 2014 hasta marzo (m) 2015. Se indican los períodos hidrológicos de Precipitaciones (Ppt), Deshielo (Des) y Basal (Ba) (modificado de Sosnovsky et al., 2020).

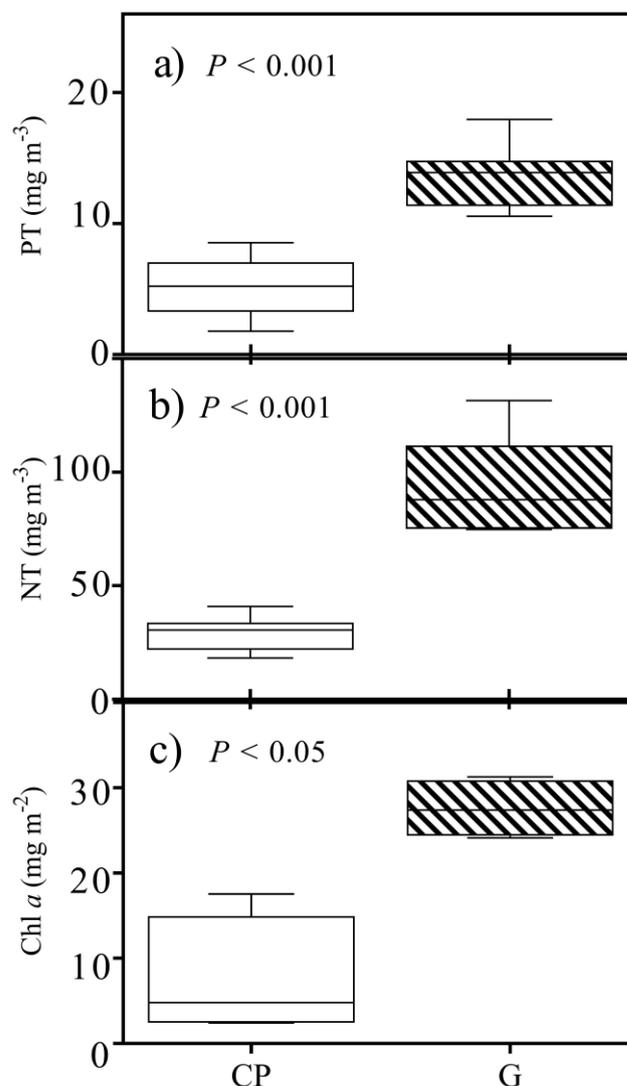


Figura 5. Diagrama de cajas mostrando las diferencias de variables del ecosistema fluvial entre los arroyos Casa de Piedra (CP) y Gutiérrez (G) (Test de t pareado en el tiempo). a) Fósforo total (PT) (n = 13), b) Nitrógeno total (NT) (n = 13), c) Concentración de clorofila a de la comunidad de perifiton (Chl a) (n = 4); n representa el número de muestras. El límite inferior del rectángulo indica el percentil 25, una línea dentro del mismo marca la mediana y su límite superior indica el percentil 75. Los bigotes indican el percentil 10 y 90 percentil (modificado de Sosnovsky et al., 2022).

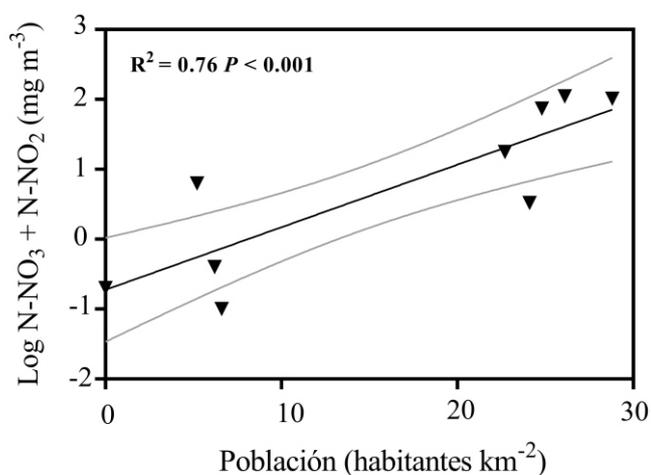


Figura 6: Relación lineal entre la densidad poblacional y el logaritmo de la concentración de Nitrógeno de nitrato + Nitrógeno de nitrito (Log N-NO<sub>3</sub>- + N-NO<sub>2</sub>-) en 10 sitios pertenecientes a la cuenca de drenaje del arroyo Gutiérrez. Las líneas grises determinan el Intervalo de Confianza al 95%.

### Metodología

Con el propósito de estudiar las dinámicas y las relaciones claves de los ecosistemas fluviales, realizamos diversos estudios espacio-temporales. Los estudios temporales los llevamos a cabo en sitios próximos a la desembocadura de los arroyos Gutiérrez y Casa de Piedra desde marzo de 2013 hasta marzo de 2016. Esta elección de los sitios de muestreo nos permitió estudiar a escala de cuenca de drenaje ambos arroyos. En una primera instancia estudiamos el régimen del caudal; para ello utilizamos registros diarios de caudal, temperatura del aire y precipitaciones en la cuenca de drenaje provistos por el Departamento Provincial de Aguas de la Provincia de Río Negro. Los registros de precipitación no diferenciaban lluvia de nieve. Utilizamos la conductividad eléctrica como indicador de la salinidad y del flujo del agua hacia los arroyos para dividir el año de estudio en los 3 períodos hidrológicos característicos de arroyos de montaña; períodos de Precipitaciones, Deshielo y Basal. Dos veces por semana realizamos un seguimiento de la conductividad eléctrica y la turbidez, esta última como un indicador de los sólidos

suspendidos totales. Cuando se pronosticaban precipitaciones, el mismo se incrementaba a una escala diaria hasta finalizado el evento de precipitación. En una segunda instancia estudiamos las dinámicas anuales de los nutrientes fósforo total (PT) y nitrógeno total (NT). Para ello realizamos muestreos con una periodicidad mensual. En una tercera etapa, estimamos la biomasa de la comunidad de perifiton (estimada como concentración de Clorofila a (Chl a)) durante la temporada estival con la misma periodicidad. Por último, realizamos un estudio biogeoquímico a escala espacial en la cuenca de drenaje del arroyo Gutiérrez a comienzos del otoño de 2016. Para tal propósito analizamos la química del agua de los arroyos en relación a la densidad de habitantes en sus respectivas cuencas de drenaje. Realizamos un muestreo puntual en 5 sitios del arroyo Gutiérrez, su arroyo tributario y en 4 arroyos tributarios al lago Gutiérrez (Figura 2); y nos valimos de los datos poblacionales suministrados por la Municipalidad de San Carlos de Bariloche (Bariloche Municipio 2021) para estimar la densidad poblacional en las respectivas cuencas de drenaje (habitantes km<sup>-2</sup>). Tanto las diferencias entre la magnitud de los caudales, la concentración de nutrientes y la concentración de Chl a, como las relaciones entre las distintas variables, fueron analizadas mediante técnicas estadísticas apropiadas. Para un mayor detalle de la metodología empleada remitirse a los artículos de Sosnovsky y colaboradores (2020, 2021, 2022).

## Resultados y discusión

El clima de una región determina el régimen del caudal en los ecosistemas fluviales (Snelder & Biggs 2002). Los regímenes del caudal de los arroyos Gutiérrez y Casa de Piedra presentaron los 3 períodos hidrológicos característicos de estas zonas de montaña; de Precipitaciones, de Deshielo y Basal (Figura 3). Cada uno de estos períodos presentó un flujo del agua predominante hacia los arroyos. La escorrentía superficial y sub-superficial fue relevante durante el período de Precipitaciones, donde un incremento en las precipitaciones se reflejó en un incremento en la magnitud y variabilidad o "flashiness" del caudal. El paso rápido de una gran cantidad de agua de lluvia a través de la cuenca de drenaje, produjo un efecto de dilución en el arroyo Casa de Piedra y como consecuencia de ello, observamos disminuciones abruptas de su conductividad eléctrica (Figura 4a). Como contrapartida, la lluvia elevó los sólidos suspendidos y la turbidez del agua de los arroyos producto de la erosión del suelo (Figura 4b). Es en este período cuando existe la mayor conexión entre la cuenca de drenaje y el ecosistema fluvial (García et al. 2015, Sosnovsky et al. 2020). En el período de Deshielo, a diferencia del período anterior, los aumentos del caudal se asociaron con incrementos en la temperatura del aire. En este período los arroyos presentaron su mayor caudal promedio (Figura 3f y h). Para el caso del arroyo Casa de Piedra la conductividad eléctrica presentó sus valores más bajos y una tendencia decreciente durante el mismo (Figura 4a). Esta dinámica se explica pues el derretimiento de la nieve ocurre desde la zona baja de la montaña hacia su cumbre. A mayor altitud los suelos son más delgados y menos maduros y el grado de meteorización de las rocas disminuye, en consecuencia, la nieve derretida tiene menos posibilidad de disolver sales y volcarlas al ecosistema fluvial. Finalizado el deshielo, comenzó el período Basal. Este período se caracterizó por poseer la menor magnitud y variabilidad del caudal, y una mayor relevancia del flujo subterráneo hacia el arroyo. Esto último, fue corroborado con la físico-química del agua, observándose un incremento de la conductividad eléctrica. Sin embargo y a pesar de esta conceptualización de las dinámicas fluviales en los arroyos andinos, encontramos diferencias contrastantes de las mismas en los arroyos Casa de Piedra y Gutiérrez.

Las dinámicas hidrológicas y químicas de un ecosistema fluvial son afectadas en presencia de un gran lago de cabecera (Gordon et al. 2004). La superficie del lago Gutiérrez es más de dos órdenes de magnitud mayor en comparación a la superficie del lago Jakob; a su vez más del 80% de la cuenca del arroyo Gutiérrez drena hacia el lago homónimo; en cambio, menos del 10% de la cuenca del arroyo Casa de Piedra drena hacia el lago Jakob. Es de esperar entonces hallar diferencias entre las dinámicas de los arroyos Gutiérrez y Casa de Piedra. Si comparamos sus hidrogramas anuales observamos que los picos o incrementos del caudal producto de las lluvias fueron sustancialmente menores en el arroyo Gutiérrez (Figura 3e y f). Lo mismo ocurriría si comparamos la magnitud de sus caudales específicos; es decir, el caudal de un arroyo en función del área de su cuenca de drenaje. Ambos hechos indican que el régimen del caudal del arroyo Gutiérrez está amortiguado, lo cual se debe en gran parte a la presencia del lago en su cabecera. De la misma manera, este lago actúa como una trampa de sedimentos y las concentraciones de nutrientes deberían de

verse también amortiguadas. Sin embargo, esto no fue reflejado por nuestros resultados pues las concentraciones de PT y NT fueron significativamente más elevadas en el arroyo Gutiérrez (Figura 5a y b). Es evidente entonces que existen otros factores, actuando a menores escalas, que también influyen en las dinámicas de estos ecosistemas.

El incremento en el uso de la tierra favorece la eutrofización de los ecosistemas fluviales (Dodds & Smith 2016). Las cuencas de drenaje estudiadas se encuentran dentro del PNNH, sin embargo, es contrastante el uso que el hombre hace de ellas en relación a su conservación y grado de urbanización. Estas diferencias se condicionan con las mayores concentraciones de PT y NT en el arroyo Gutiérrez (Figura 5a y b), lo que se tradujo además en una mayor biomasa de su comunidad de perifiton durante el período Basal (Figura 5c). Del estudio realizado a escala espacial en la cuenca del arroyo Gutiérrez observamos fuentes de eutrofización de origen puntual, el Centro de Salmonicultura, y de origen difuso, la urbanización de la cuenca de drenaje. En el sitio de muestreo próximo al Centro de Salmonicultura observamos la mayor concentración de amonio, producto de la excreción de los peces. Este impacto puntual, fue disminuyendo aguas abajo por la autodepuración que poseen los ecosistemas fluviales. El efecto de la urbanización reflejó una relación directa entre la densidad de habitantes presentes en la cuenca de drenaje y el logaritmo de la concentración de nitratos y nitritos de los arroyos (Figura 6). Teniendo en cuenta que esta población posee mayoritariamente sistemas de tratamientos de efluentes domiciliarios "in situ"; es factible asociar a la lixiviación de los nitratos desde los lechos nitrificantes domiciliarios hacia las aguas subterráneas como un mecanismo determinante en el incremento de los nutrientes en los ecosistemas fluviales. La química del agua y la biomasa de perifiton de los arroyos Gutiérrez y Casa de Piedra reflejaron el contrastante uso de la tierra de sus respectivas cuencas de drenaje. Las consecuencias del cambio global son inevitables para los ecosistemas fluviales andino-norpatagónicos. Los escenarios a futuro predicen una disminución de las precipitaciones totales y una tendencia decreciente en el cociente nieve: precipitaciones, es decir que proporcionalmente nevará menos y lloverá más (Barros & Camilloni 2016). Por lo tanto, es previsible pensar que las lluvias incrementarán la magnitud y variabilidad del caudal de los arroyos durante el período de Precipitaciones; aumentando aún más la conexión entre los ecosistemas terrestre y acuático. El deshielo será menor en la primavera y esto se traducirá en una menor cantidad de agua en las cuencas de drenaje, tanto en reservorios superficiales como subterráneos. Este déficit de agua será más preocupante durante el período Basal, ya que se incrementará la profundidad del nivel freático y en consecuencia disminuirán los caudales de los arroyos. Llegado el caso donde el nivel freático sea muy profundo, el agua de los arroyos se infiltrará en el suelo secando así su lecho e incrementando el número de arroyos intermitentes en la región. Por otro lado, dentro del marco del cambio global, el cambio e incremento en el uso de la tierra está considerado uno de los efectos más perjudiciales para el ser humano y el planeta tierra en su conjunto (Díaz et al. 2019). El incremento de los nutrientes en nuestros ecosistemas acuáticos es ya un hecho. Los ríos de la región son naturalmente oligotróficos, y su biota está adaptada a dicho estado trófico. Un cambio en su estado trófico se traducirá en un incremento en la biomasa de perifiton, alterando la estructura y funcionamiento de toda la red trófica. Además, estos cambios en el régimen del caudal y en el estado trófico de los ríos alterarán las dinámicas químicas y biológicas de sus lagos receptores. Los habitantes de San Carlos de Bariloche somos privilegiados de vivir en una ciudad asentada dentro de un Parque Nacional. Entendiendo a la cuenca de drenaje como una unidad de estudio y conservación, hay acciones en el plano local que podríamos realizar. En las zonas urbanizadas, las autoridades correspondientes deberían de implementar sistemas de efluentes domiciliarios cada vez más eficientes en el reciclado y la remoción de nutrientes; y una legislación vigente que resguarde los bosques, ya sea evitando la deforestación o implementando acciones concretas de reforestación con árboles nativos. Debería de haber más actividades enfocadas en la educación ambiental tanto en el sistema de enseñanza oficial, como en organizaciones e instituciones afines. Esto generaría ciudadanos con mayor grado de conciencia por el cuidado del lugar donde viven. Gran parte de los ecosistemas pertenecientes a la Administración de Parques Nacionales se encuentran entre los más prístinos a nivel mundial. Sería necesario entonces que el Estado Argentino destine una mayor cantidad de recursos humanos y materiales para su preservación y conservación. Las generaciones futuras tienen el mismo derecho que nosotros a conocer y vivir en ambientes saludables.

## Agradecimientos

Le agradecemos al Departamento Provincial de Aguas por los datos otorgados de hidro-meteorología, a Ricardo Albariño por su lectura crítica del manuscrito y a los editores de la revista *Macroscopia* por permitirnos difundir nuestras investigaciones de los ecosistemas fluviales andinos norpatagónicos. Sosnovsky, A., Rechencq, M., Fernández, M.V., Zattara, E.E., Cantet, R.J.C. y Feijoó, C.S. agradecen el apoyo de CONICET.

## Bibliografía consultada

- Allan, J.D. & Castillo, M.M. 2007 *Stream Ecology. Structure and Function of Running Waters*, Springer, Dordrecht, The Netherlands, 436 pp.
- Bariloche Municipio 2021 Crecimiento poblacional de San Carlos de Bariloche. [http://www.bariloche.gov.ar/estadisticas\\_grafico.php?grafico=28](http://www.bariloche.gov.ar/estadisticas_grafico.php?grafico=28).
- Barros, V. & Camilloni, I. 2016 *La Argentina y el cambio climático. De la física a la política*, EUDEBA, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 286 pp.
- Díaz, S., Settele, J., Brondizio, E., T. Ngo, H., Guéze, M., Agard, J., Arneeth, A., Balvanera, P., Garibaldi, L., Ichii, K., et al. 2019 Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services, Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 39 pp.
- Díaz Villanueva, V., Queimaliños, C.P., Modenutti, B.E. & Ayala, J. 2000 Effects of fish effluents on the periphyton of an Andean stream. *Archive of Fishery Marine Research* 48:252-263.
- Dodds, W.K. & Smith, V.H. 2016 Nitrogen, phosphorus, and eutrophication in streams. *Inland Waters* 6:155-164.
- García, D.R., Gereá, M., Soto Cárdenas, C., García, P.E., Pérez, G., Reissig, M., Queimaliños, C.P. & Diéguez, M.C. 2015 Integrando los cuerpos de agua al paisaje del Parque: la trama invisible de las cuencas. *Macroscopia* 5:3-8.
- Gordon, N.D., McMahon, T.A., Gippel, C.J. & Natha, R.J. 2004 *Stream Hydrology An Introduction for Ecologist*, Wiley, Chichester, 429 pp.
- Paruelo, J.M., Beltran, A., Jobbágy, E., Sala, O. & Golluscio, R. 1998 The climate of Patagonia: general patterns and controls on biotic processes. *Ecología Austral* 8:85-101.
- Poff, N.L., Allan, J.D., Bain, M.B., Karr, J.R., Prestegard, K.L., Richter, B.D., Sparks, R.E. & Stromberg, J.C. 1997 The Natural Flow Regime. *Bioscience* 47:769-784.
- Snelder, T.H. & Biggs, B.J.F. 2002 Multiscale river environment classification for water resources management. *Journal of the American Water Resources Association* 38:1225-1239.
- Sosnovsky, A., Lallement, M.E., Rechencq, M., Fernández, M.V., Zattara, E.E. & Feijoó, C.S. 2021 Nutrient export and population density relationships in a stream-lake basin from the Patagonian Andean Region. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* on-line.
- Sosnovsky, A., Lallement, M.E., Rechencq, M., Zattara, E.E., Fernández, M.V., Daga, R., Suarez, M.J., Leiva, S. & Cantet, R.J.C. 2022 The influence of topography and land use on hydrological and nutrient dynamics in two Andean streams from Northern Patagonia. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 56:78-97.
- Sosnovsky, A., Rechencq, M., Fernández, V., Suarez, M.J. & Cantet, R.J.C. 2020 Hydrological and physico-chemical dynamics in two Andean streams. *Limnetica* 39:17-33.

## Glosario

**Autodepuración:** un conjunto de fenómenos físicos, químicos y biológicos, que tienen lugar en el río de modo natural y que provocan la destrucción de materias extrañas incorporadas al mismo.

**Clorofila a:** pigmento fotosintético presente en bacterias y algas que absorbe la luz roja y azul. La concentración de la Clorofila a en una comunidad es proporcional a la biomasa de dicha comunidad.

**Conservación:** uso sustentable de los recursos naturales.

**Cuenca de drenaje:** área por encima de un punto en un arroyo que capta el agua que fluye hacia dicho punto.

**Eutrófico:** ambientes con altas concentraciones de nutrientes en el agua. Los arroyos con concentraciones mayores a 1500 mg m<sup>-3</sup> de Nitrógeno Total y a 75 mg m<sup>-3</sup> de Fósforo Total son considerados eutróficos.

**Infiltración:** se habla de infiltración cuando el agua se introduce en el suelo atravesando su superficie.

**Hidrograma:** gráfico que indica la variación de la magnitud del caudal en el tiempo.

**Limnógrafo:** instrumento de precisión que registra los niveles de la columna de agua en el tiempo. A partir de estas mediciones y la realización de aforos en el arroyo se puede estimar el caudal.

**Lixiviación:** la disolución y arrastre de minerales y otros elementos del suelo por el movimiento descendente del agua. Nitratos (NO<sub>3</sub>-) y nitritos (NO<sub>2</sub>-): especies iónicas naturales que forman parte del ciclo del nitrógeno. Se encuentran en bajas concentraciones en el suelo, los alimentos y las aguas superficiales y subterráneas. En general, valores altos en el agua indican contaminación industrial y/o de aguas residuales domésticas.

**Oligotrófico:** ambientes con bajas concentraciones de nutrientes en el agua. Los arroyos con concentraciones menores a 700 mg m<sup>-3</sup> de Nitrógeno Total y a 25 mg m<sup>-3</sup> de Fósforo Total son considerados oligotróficos.

**Percolación:** se refiere al movimiento del agua dentro del suelo.

**Perifiton:** término usado en sentido amplio para representar a la comunidad de organismos microscópicos que habitan los sustratos presentes en un cuerpo de agua, está compuesto por algas bentónicas, bacterias, hongos, protozoos e invertebrados, creciendo en una matriz de materia orgánica amorfa.

**Período Basal:** período de tiempo donde la hidrología y química de los arroyos están determinadas por el flujo subterráneo.

**Período de Deshielo:** período de tiempo donde la hidrología y química de los arroyos están determinadas por el derretimiento de la nieve y los glaciares.

**Período de Precipitaciones:** período de tiempo donde la hidrología y química de los arroyos están determinadas por la escorrentía superficial y sub-superficial.

**Preservación:** acción de mantener el estado actual de algo. La preservación de los recursos naturales se centra principalmente en los recursos que no han sido alterados por los seres humanos.

**Prístino:** dicese del ecosistema libre de toda perturbación generada por actividad humana.

**Sólidos Suspendidos Totales:** hacen referencia al material particulado que se mantiene en suspensión en una muestra de agua. Se definen como sólidos suspendidos aquellos que son retenidos en un filtro de 0.45 micrones de poro. Incrementos en esta variable se traduce en incrementos de la turbidez en el agua.



**Lallement Mailén E.**

Doctora en Biología con mirada ecológica. Mis estudios se enfocan en comprender cómo las características ambientales a diferentes escalas espaciales determinan la composición y estructura de las comunidades a través del tiempo. Actualmente me encuentro desarrollando un segundo estudio posdoctoral cuyo tema es la ecohidrología de parches salinos en una matriz productiva de la cuenca del Morro (San Luis).



**Sosnovsky Alejandro**

Soy Doctor en Ciencias Biológicas de la Universidad de Buenos Aires. Estudié la ecología de organismos planctónicos en lagos someros y profundos. Siempre me interesó comprender la relación existente entre los ecosistemas acuáticos y sus respectivas cuencas de drenaje. Actualmente estudio ecosistemas fluviales y mis estudios se enfocan en el régimen del caudal y la biogeoquímica de los nutrientes fósforo y nitrógeno en ríos y arroyos andino patagónicos.



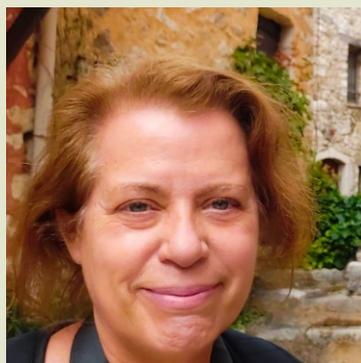
**Zattara Eduardo E.**

Soy Licenciado en Ciencias Biológicas y Doctor en Comportamiento, Ecología, Evolución y Sistemática. Actualmente, trabajo como Profesor de la Universidad Nacional del Comahue e Investigador del CONICET en el Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medio Ambiente (CONICET-UNComa). Trabajo en la interfaz entre ecología, evolución y desarrollo, tratando de entender las bases ecológicas y genómicas que subyacen los cambios evolutivos, y aplicando esos conocimientos a problemas de gestión y conservación de la biodiversidad.



**Cantet Rodolfo J. C.**

Actualmente soy miembro de la Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria. Investigador Superior del CONICET especialista en mejoramiento genético animal. Tengo formación estadística y he colaborado en el análisis de datos experimentales en neurología, suelos, vacunas y limnología.



**Feijoó Claudia S.**

Soy bióloga, profesora en la Universidad Nacional de Luján e investigadora de CONICET. Trabajo en el Instituto de Ecología y Desarrollo Sustentable (INEDES, CONICET-UNLU), que actualmente dirijo. Mis líneas de investigación se enfocan en la biogeoquímica y restauración de ríos y arroyos, incluyendo aspectos funcionales como la retención de nutriente y el metabolismo fluvial.



**Fernández María Valeria**

Soy Doctora en Biología de la Universidad Nacional del Comahue. En mis comienzos estudié la ecología de parásitos de peces en ambientes patagónicos. Actualmente estudio como las características ambientales y la conectividad estructuran las comunidades de los peces en estos ambientes. Para tal fin utilizo técnicas de video subacuáticas, produciendo así un bajo impacto en las comunidades de estudio y en el ecosistema en general.



**Rechencq Magalí**

Soy egresada del Centro Regional Universitario Bariloche (CRUB) de la Universidad Nacional del Comahue (UNCo), donde obtuve mi título de Doctora en Biología. Trabajo como docente universitario en el CRUB y como investigadora en el Instituto de Biodiversidad y Medio Ambiente (INIBIOMA - CONICET), Bariloche, Río Negro. Estudio procesos ecológicos y ecosistémicos que involucran a los ambientes acuáticos de la Patagonia Andina, evaluando la disponibilidad de tipos de hábitats, el uso que hacen los organismos que los habitan y la relación con el estado de conservación de las cuencas. Con estas herramientas se puede evaluar a diferentes escalas la sustentabilidad de los servicios ecosistémicos y modelar escenarios generados por el cambio global.

# MACROSCOPIA

## Parque Nacional Nahuel Huapi



### REFERENCIAS

- Ejido Municipal
- Camino pavimentado
- Camino de ripio
- Límite Internacional
- Gendarmería Nacional
- Aduana
- Guardaparque
- Cobro de acceso
- Intendencia PNNH
- Centro de informes
- Aeropuerto
- Terminal de micros
- Combustible
- Proveduría
- Restaurante / Confeitería
- Refugios
- Bicicleta
- Cascada
- Cabalgata
- Rafting / Kayak
- Buceo
- Muelle / puerto
- Navegación a vela
- Esquí de fondo
- Turismo de estancia
- Navegación a motor
- Excursiones lacustres
- Museo
- Mirador
- Hotel/Hostería/Cabaña
- Bañero
- Picnic
- Domes
- Campamento tarifado  
Campamento con servicios limitados.
- Área de acampe libre sin servicios.
- Prohibido al uso de dron en todo el Parque Nacional



### Después de tu visita, contanos tu experiencia

Ingresá a [www.nahuelhuapi.gov.ar](http://www.nahuelhuapi.gov.ar)

TU PARQUE TU OPINIÓN



### REGISTRO DE TREKKING GRATUITO Y OBLIGATORIO

Se obtiene en la Intendencia del Parque Nacional Nahuel Huapi, oficinas de informes, en las Seccionales de Guardaparques, o en: [www.nahuelhuapi.gov.ar](http://www.nahuelhuapi.gov.ar)  
Obtené los mapas de sendas en oficinas de Informes o descárgalos desde nuestra web



### EMERGENCIAS

Incendios, comunicaciones y emergencias (IC3) Tel: 105 - 54 (0294) 4422479 - VHF: 155675 / 150335.  
La cobertura con VHF puede sufrir restricciones en virtud de la topografía del terreno.

Club Andino Villa La Angostura: Tel: +54 (0294) 4494954

Club Andino Bariloche: VHF: 148 850

Comisión de Auxilio: Tel: +54 (0294) 442266 / 4424579 - Cel: +54 (0294) 154636960

Estás ingresando a un área agreste, bajo tu propia responsabilidad. Por tu seguridad, evitá riesgos y disfrutá de tu estadía.





# MACROSCOPIA

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

## INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

Macroscopia publica una vez 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 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](http://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](mailto: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.:(0294) 4423111 - [macroscopia@apn.gov.ar](mailto:macroscopia@apn.gov.ar)

**Directora:** Susana Seijas - [sseijas@apn.gov.ar](mailto:sseijas@apn.gov.ar)

**Diseño gráfico:** Demián Belmonte - Area de Educación Ambiental PNNH

**Foto de tapa:** Demián Belmonte

# RECORDÁ AL HACER TU SALIDA DE CAMPO

**-Solo podrás realizar las actividades autorizadas en el permiso de investigación.**

Si necesitas realizar otra actividad debes solicitar su inclusión en el permiso a la Dirección Regional Patagonia Norte ([investigacionespatagonianorte@apn.gob.ar](mailto:investigacionespatagonianorte@apn.gob.ar)).

**-Antes de la salida de campo avisá con antelación** a la Intendencia del Parque Nacional ([conservacionnh@apn.gob.ar](mailto:conservacionnh@apn.gob.ar)).

-Al llegar al área de estudio **presentate en la seccional del Guardaparque** (contale que vas a hacer o dejale una nota en la puerta)

**-No te olvides de llevar siempre el permiso de investigación** (en papel o en el celular).

**-Evitá colocar artefactos y equipos en las áreas de mayor uso público.**  
Estos pueden ser extraídos o destruidos por los visitantes.

**-Limpιά los equipos, artefactos e indumentaria antes de ingresar a los cuerpos de agua para prevenir la diseminación de Didymo** y de otros microorganismos: Sacar restos de vegetación algas y sedimento - Remojar al menos 1 minuto en agua con lavandina (1 vaso de lavandina e 10 l de agua) - Secar: si la limpieza no es posible, secar al sol por 48 hs antes de volver a usarlos en otro sitio.

**-Si colectaste material no olvides de gestionar la "Guía de tránsito"** en la Intendencia del Parque Nacional ([conservacionnh@apn.gob.ar](mailto:conservacionnh@apn.gob.ar)) o en la Dirección Regional Patagonia norte ([investigacionespatagonianorte@apn.gob.ar](mailto:investigacionespatagonianorte@apn.gob.ar))

**-Al finalizar el estudio llevate tus experimentos** (no dejes alambres, redes, boyas, etc.). Estos causan daño en los animales y personas, además de generar un impacto visual en los ambientes naturales.

Tené en cuenta que si bien la APN reconoce que los valores de conservación deben ser estudiados, también debe garantizar su bienestar. **Ante cualquier duda consultanos.**

