

INFORME "OPORTUNIDADES CIENTÍFICAS"

ATLAS DE SINGULARIDADES SUBANTÁRTICAS

Laura Sánchez-Jardón, Pamela Maldonado, Anahí Huechán, René Muñoz, Sebastián Zambrano, Rodrigo Villa-Martínez, Lorna Moldenhauer, Carla Henríquez, Trace Gale, Andrés Adiego, Eduardo Barros, Patricio Padilla, Ronald Cancino, Osvaldo Vidal, Felipe Zúñiga, Íñigo Irarrázaval, Carlos Zamorano, Juan Rivero de Aguilar, Roy Mackenzie, Juan Pablo Rodríguez, Andrés Mansilla, Francisca Massardo, Ricardo Rozzi.

Nodo Laboratorio Natural Subantártico.

DICIEMBRE 2025



NODO
**Laboratorio
Natural
Subantártico**

Documento elaborado en el marco del proyecto “Red colaborativa para el desarrollo del Laboratorio Natural Subantártico: Fortalecimiento de la investigación científica y sus impactos socioambientales y económicos en la Macrozona Austral” financiado por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo de Chile (ANID/NEL123N0002). Ejecutado por la Universidad de Magallanes en asociación con la Universidad de Aysén, Centro Internacional Cabo de Hornos (CHIC, ANID/BASAL FB210018), Museo Regional de Aysén, Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia (CIEP) y apoyo de la Universidad de La Frontera.

Autores:

Laura Sánchez-Jardón. Centro de Investigación GAIA Antártica (CIGA). Universidad de Magallanes, Punta Arenas | Centro Internacional Cabo de Hornos (CHIC), Puerto Williams | Nodo Laboratorio Natural Subantártico.

Pamela Maldonado. Magíster en Ciencias Antárticas y Subantárticas, Universidad de Magallanes, Punta Arenas | Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA), La Serena | Nodo Laboratorio Natural Subantártico.

Anahí Huechan. Sociedad de Historia y Geografía de Aysén | Museo Regional de Aysén | Nodo Laboratorio Natural Subantártico.

René Muñoz-Arriagada. Departamento de Ciencias Agropecuarias y Acuícolas. Universidad de Magallanes, Punta Arenas | Nodo Laboratorio Natural Subantártico.

Sebastián Zambrano. Doctorado en Ciencias Antárticas y Subantárticas, Universidad de Magallanes, Punta Arenas | Centro Internacional Cabo de Hornos (CHIC), Puerto Williams | Nodo Laboratorio Natural Subantártico.

Rodrigo Villa-Martínez. Centro de Investigación GAIA Antártica (CIGA). Universidad de Magallanes, Punta Arenas | Centro Internacional Cabo de Hornos (CHIC), Puerto Williams | Nodo Laboratorio Natural Subantártico.

Carla Henríquez. Centro de Investigación GAIA Antártica (CIGA). Universidad de Magallanes, Punta Arenas | Centro Internacional Cabo de Hornos (CHIC), Puerto Williams | Nodo Laboratorio Natural Subantártico.

Lorna Moldenhauer. Nodo Laboratorio Natural Subantártico.

Inti González. Nodo Laboratorio Natural Subantártico.

Trace Gale. Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia (CIEP), Coyhaique | Centro Internacional Cabo de Hornos (CHIC), Puerto Williams.

Andrés Adiego. Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia (CIEP), Coyhaique | Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza, España.

Eduardo Barros. Centro Internacional Cabo de Hornos (CHIC), Puerto Williams | Fundación Omora, Puerto Williams | Nodo Laboratorio Natural Subantártico.

Osvaldo Vidal. Instituto de la Patagonia. Universidad de Magallanes, Punta Arenas.

Felipe Zúñiga. Instituto de Bosques y Sociedad (IBOS). Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales, Universidad Austral de Chile, Valdivia.

Íñigo Irarrázaval. Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia (CIEP), Coyhaique.
Carlos Zamorano-Elgueta. Departamento de Ciencias Naturales y Tecnología. Universidad de Aysén, Coyhaique | Center for Climate and Resilience Research (CR2). Universidad de Chile.

Juan Rivero de Aguilar. Centro Internacional Cabo de Hornos (CHIC), Puerto Williams.

Roy Mackenzie. Centro Internacional Cabo de Hornos (CHIC), Puerto Williams | Instituto Milenio Biodiversidad de Ecosistemas Antárticos y Subantárticos (BASE), Santiago.

Juan Pablo Rodríguez. Laboratorio de Ecosistemas Marinos Antárticos y Subantárticos (LEMAS). Universidad de Magallanes, Punta Arenas | Centro Internacional Cabo de Hornos (CHIC), Puerto Williams.

Andrés Mansilla. Laboratorio de Ecosistemas Marinos Antárticos y Subantárticos (LEMAS). Universidad de Magallanes, Punta Arenas | Centro Internacional Cabo de Hornos (CHIC), Puerto Williams.

Francisca Massardo. Centro Universitario Cabo de Hornos. Universidad de Magallanes, Puerto Williams | Centro Internacional Cabo de Hornos (CHIC), Puerto Williams.

Ricardo Rozzi. Centro Universitario Cabo de Hornos. Universidad de Magallanes, Puerto Williams | Department of Philosophy. University of North Texas, EE.UU | Centro Internacional Cabo de Hornos (CHIC), Puerto Williams.

Edición: Equipo Nodo Laboratorio Natural Subantártico.

Diseño y Diagramación:

Consuelo Pilcevic. Nodo Laboratorio Natural Subantártico.

Jessica Pichulaf. Nodo Laboratorio Natural Subantártico y Nodo Ciencia Austral.

Cómo citar este Atlas:

Laura Sánchez-Jardón, Pamela Maldonado, Anahí Huechan, René Muñoz, Sebastián Zambrano, Rodrigo Villa-Martínez, Carla Henríquez, Lorna Moldenhauer, Inti González, Trace Gale, Andrés Adiego, Eduardo Barros, Osvaldo Vidal, Felipe Zúñiga, Íñigo Irarrázaval, Carlos Zamorano, Juan Rivero de Aguilar, Roy Mackenzie, Juan Pablo Rodríguez, Andrés Mansilla, Francisca Massardo, Ricardo Rozzi (2025). *Atlas de Singularidades Subantárticas*. Nodo Laboratorio Natural Subantártico. Recuperado de: <https://nodosubantartico.cl/productos/> [fecha]

Licencia Creative Commons Atribución – Compartir Igual 4.0 Internacional (CC BY-SA 4.0).

Se permite copiar, distribuir y adaptar el contenido con atribución a los autores/as y cualquier obra derivada debe mantenerse bajo la misma licencia. Más información: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Versión 18 diciembre 2025.



Índice

Presentación	1
Agradecimientos	2
Introducción	3
Singularidades de los bosques y turberas más australes	8
Parámetros críticos en los bosques y turberas más australes	15
Singularidades de los glaciares andino-patagónicos	17
Parámetros críticos de los glaciares andino- patagónicos	23
Singularidades de la estepa fuego-patagónica	24
Parámetros críticos en la estepa fuego-patagónica	31
Singularidades de los fiordos y canales patagónicos	32
Parámetros críticos de los fiordos y canales patagónicos	38
Referencias	39
Anexo I. Identificación participativa de singularidades en el Laboratorio Natural Subantártico	53
Anexo II. Identificación participativa de parámetros críticos en el laboratorio natural subantártico	58

Presentación

El *Atlas de Singularidades Subantárticas* es un esfuerzo colectivo orientado a reunir, describir y comunicar aquellos atributos biofísicos y bioculturales que hacen de la Macrozona Austral uno de los territorios más singulares del planeta. Esta publicación forma parte del trabajo impulsado por el Nodo Laboratorio Natural Subantártico (Nodo LNS), una iniciativa articuladora del sistema CTCi de Aysén y Magallanes que, desde 2022, ha buscado fortalecer las capacidades de investigación, integrar conocimiento y promover un enfoque de ciencia situada, ética y colaborativa. Su elaboración contó con el trabajo técnico y editorial del equipo del Nodo LNS y de investigadoras e investigadores de sus instituciones asociadas, quienes participaron en la sistematización de antecedentes, redacción y revisión de contenidos.

Este Atlas se inscribe en la continuidad de un proceso mucho más amplio, iniciado hace más de dos décadas con investigaciones que han permitido identificar atributos distintivos del territorio subantártico y desarrollar las oportunidades que éstos ofrecen. Estas trayectorias incluyen estudios de la Universidad de Magallanes en ciencias antárticas y subantárticas; el trabajo del Centro Internacional Cabo de Hornos y la Fundación Omora en conservación biocultural; las contribuciones de la Universidad de Aysén en investigación aplicada y vinculación territorial; la labor del Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia sobre glaciología, oceanografía y ecosistemas terrestres; y el aporte del Museo Regional de Aysén en patrimonio cultural y mediación comunitaria. El Atlas pone en diálogo estas trayectorias mediante una propuesta común de singularidades.

Esta publicación se articula con su versión digital, el *Atlas Subantártico Interactivo*, que alberga el registro vivo en actualización permanente de las singularidades identificadas. La complementariedad entre publicación y plataforma digital responde al propósito de democratizar el acceso al conocimiento, facilitar su actualización continua y contribuir de manera abierta a la toma de decisiones, la planificación y la investigación científica en la macrozona austral.

La versión que hoy presentamos consolida el trabajo desarrollado entre 2022 y 2025 y llega en un momento clave para el futuro de los Laboratorios Naturales como política pública. Este Atlas busca contribuir a un lenguaje común y a una gobernanza basada en evidencia, colaboración y compromiso territorial, ofreciendo un insumo estratégico para el periodo 2026–2027. Al mismo tiempo, aporta una base sólida para seguir profundizando en la comprensión, conservación y puesta en valor del territorio subantártico.

Agradecimientos

Agradecemos a las personas y organizaciones que facilitaron datos, imágenes, reportes técnicos y conocimientos territoriales, y especialmente a quienes aportaron información mediante el formulario *"Detección Participativa de Singularidades"*, disponible en la versión digital del Atlas. Entre septiembre y noviembre de 2024 se recabaron 36 aportes a través de este formulario, y el proceso permitió incorporar nuevas singularidades, amenazas y observaciones territoriales no registradas en recopilaciones previas, constituyendo un insumo valioso tanto para esta publicación como para futuras investigaciones y estrategias de gestión del Laboratorio Natural Subantártico. La diversidad y profundidad de estos aportes enriqueció de manera sustancial la identificación de singularidades y la comprensión de los actuales ecosistemas subantárticos y sus relaciones socio-ecológicas. También al Centro Internacional Cabo de Hornos (CHIC, ANID/BASAL FB210018) por el aporte de investigaciones e insumos que fueron fundamentales para esta publicación.

Introducción

La macrozona austral de Chile —que comprende las regiones de Aysén y Magallanes entre los 43° y 57° S— se distingue por su aislamiento geográfico, su excepcional integridad ecológica y su extraordinaria diversidad de biodiversidad y paisajes. Como la porción continental más cercana a la Antártica, presenta condiciones bioclimáticas estrechamente vinculadas a latitudes australes, moldeadas por procesos glaciares, tectónicos y oceánicos de alcance planetario. Estos atributos han contribuido a su caracterización como **Laboratorio Natural**, una figura formalizada por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID, 2021), que lo define como un *“territorio donde ocurren procesos o fenómenos de interés científico cuyos resultados poseen relevancia regional y global, y que permiten integrar investigación, comunidades y toma de decisiones”*. A continuación, se revisa cómo surge el concepto y cómo ha sido aplicado para orientar el desarrollo del Laboratorio Natural Subantártico.

Laboratorios Naturales: un concepto con raíces subantárticas y proyección internacional

Aunque el concepto de *Laboratorio Natural* ha adquirido recientemente una definición institucional en Chile, sus raíces más profundas se encuentran en la ecorregión subantártica. Desde inicios de los años 2000, el trabajo de Ricardo Rozzi y el Programa de Conservación Biocultural Subantártica integró investigación ecológica, ética ambiental, memoria cultural y conservación biocultural (Rozzi et al., 2006), proponiendo una mirada pionera que luego sería recogida por el Estado.

A partir de 2013, CONICYT (hoy ANID) inició un proceso sistemático para conceptualizar y difundir la idea de *Chile como Laboratorio Natural*, mediante campañas públicas, procesos participativos, definiciones oficiales propuestas por el Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID, 2015) y otros autores como Guridi et al. (2020) quienes enfatizaron el valor estratégico de los territorios con atributos únicos para el desarrollo científico, o Aguilera y Larraín (2018; 2021) que analizaron la evolución del concepto en Chile y propusieron criterios para identificar áreas con ventajas comparativas excepcionales. Este proceso culminó en 2021 con la creación del instrumento **Nodo Laboratorios Naturales**, que estableció seis macrocategorías —Cielo, Desierto, Océano, Montaña, Subantártica y Antártica— sentando las bases de una política pública orientada a articular investigación e innovación desde los atributos singulares del territorio.

Este desarrollo conceptual dialoga con experiencias internacionales ampliamente reconocidas, como **Svalbard** en el Ártico, donde la cooperación científica y el monitoreo de largo plazo han generado un modelo robusto para estudiar el cambio climático y la criosfera (Misund et al., 2017), e **Islas Galápagos**, que articulan biodiversidad, gobernanza socioecológica y sistemas de investigación aplicados (Quiroga et al., 2019). Estas referencias permiten situar al territorio subantártico chileno dentro de un marco global de investigación interdisciplinaria, cooperación territorial y gobernanza del conocimiento y se ha relacionado con aproximaciones que promueven el desarrollo basado en la conservación (Gale-Detrich et al., 2023).

Singularidades sistémicas del territorio subantártico

Además de las singularidades espacialmente localizadas que se detallan por ambiente, la región presenta singularidades sistémicas: atributos ecológicos, geográficos y bioculturales que emergen a escala macro y que caracterizan al conjunto del territorio subantártico. Estas singularidades sistémicas proveen el contexto necesario para comprender los procesos que definen a los cuatro ambientes descritos en el Atlas. Entre ellas se encuentran, por ejemplo:

- **Territorio continental más cercano al continente Antártico.** Esta proximidad confiere una posición estratégica para estudios geológicos, ecológicos, biogeográficos y paleontológicos comparativos entre Suramérica y la Antártica. Entre los ejemplos más relevantes se encuentra la evidencia de un antiguo bosque continuo formado hace ~72 millones de años, cuando existía una conexión terrestre que permitió el intercambio de flora y fauna entre ambos continentes. A esta condición se suma que desde los 47° no existe otro territorio continental en todo el hemisferio sur, reforzando su carácter único.
- **Geografía compleja y profundamente fragmentada,** con relieve diverso y una extensa línea de costa, con un sinnúmero de fiordos, islas y canales. Este entramado configura un mosaico de hábitats y gradientes ambientales que ofrecen oportunidades para el desarrollo de varias disciplinas científicas. Asimismo, constituye un escenario privilegiado para la investigación biogeográfica y antropológica, permitiendo estudiar procesos de colonización humana, adaptaciones culturales y dinámicas evolutivas de otras especies.
- **Variación extrema de precipitaciones,** con un fuerte gradiente Oeste a Este que oscila entre los 6.000 mm/año a cerca de 300 mm/año en apenas de 300 km. Esta condición ofrece un escenario ideal para investigar las respuestas ecológicas al cambio climático, la dinámica de los glaciares, la hidrología y la

estructura de los ecosistemas. El gradiente explica también una marcada transición en la vegetación, útil para estudiar mecanismos ecológicos de ambientes pasados y presentes.

- **Paisaje dinámico y en transformación observable a escala humana.** La colonización reciente, las perturbaciones intensas, como los incendios o la actividad volcánica, el avance y retroceso glaciar y la transgresión marina en fiordos y canales, configuran un territorio en constante cambio. Desde una perspectiva biocultural, los cambios de uso del suelo son recientes en comparación con otras regiones del planeta, lo que ofrece oportunidades excepcionales para estudiar procesos ecológicos y sociales contemporáneos.
- **Vida adaptada a condiciones extremas.** Además de especies extremófilas de plantas, animales, hongos y microorganismos, es posible observar cómo las condiciones ambientales extremas modelan tanto las dinámicas ecológicas como sociales, generando una cultura propia de este territorio. Esto abre oportunidades para estudios antropológicos y ecológicos sobre resiliencia y adaptación al cambio climático.
- **Biodiversidad única.** Las especies subantárticas actuales son el resultado de una historia evolutiva marcada por el aislamiento geográfico, los gradientes ambientales y la interacción entre factores naturales y antrópicos. Este proceso ha dado origen a comunidades biológicas con alta singularidad ecológica y biogeográfica.
- **Mayor superficie de áreas naturales protegidas.** Más del 50% de la macrozona está bajo alguna categoría oficial de protección, confirmando un sistema transregional que favorece la investigación científica, conservación y gestión de ecosistemas. Además, alberga tres Reservas de la Biosfera reconocidas por la UNESCO.
- **Interacción profunda entre ecosistemas y las prácticas culturales humanas,** destacando la importancia de la conservación integrada de la biodiversidad y del patrimonio cultural con el que confluye con un enfoque ético, en coherencia con el enfoque de la *Conservación Biocultural*.

Estas dimensiones ecológicas se entrelazan con una historia humana profunda. Los pueblos **Chonos, Aónikenk, Kawésqar, Selk'nam, Haush y Yagán** habitaron estos territorios por milenios, así como actualmente los **Mapuche – Williche** (Aylwin et al., 2021), generaron tecnologías y redes de movilidad y significado que han sido ampliamente documentadas (Morello et al., 2012; Borrero et al., 2020).

Los “ambientes subantárticos”: conjuntos de singularidades y parámetros críticos

El Laboratorio Natural Subantártico se estructura territorialmente en torno a cuatro subcategorías o ambientes, concebidos como unidades ecológicas y bioculturales:

- **bosques y turberas más australes,**
- **glaciares andino-patagónicos,**
- **estepa fuego-patagónica,**
- **fiordos y canales patagónicos**

Cada ambiente concentra procesos biofísicos y modos de vida particulares, actividades productivas específicas, y su conservación se enfrenta a amenazas diferenciadas. Esta organización permite ordenar el conocimiento, focalizar líneas de investigación y anticipar dinámicas de cambio socioecológico.

Las **singularidades** que se describen para cada ambiente están respaldadas por literatura científica y conocimiento experto. Además incluyen una propuesta inicial de **parámetros críticos**. Los parámetros críticos son variables o atributos observables relevantes para evaluar el estado, vulnerabilidad y valor científico de las singularidades, que pueden sustentar un futuro **sistema de monitoreo** del Laboratorio Natural Subantártico. Este trabajo constituye un avance preliminar que se desarrollará y fortalecerá en la próxima etapa del Nodo, orientada a diseñar e implementar un sistema de seguimiento ambiental y biocultural a largo plazo.

Proceso participativo y trazable para construir conocimiento colaborativamente

El contenido del Atlas se elaboró a partir de revisión bibliográfica, análisis territorial e información aportada por investigadoras, investigadores y profesionales del sistema CTCi de la macrozona austral. En septiembre de 2024, el Nodo lanzó la consulta online “*Detección Participativa de Singularidades*” para promover la construcción colaborativa de conocimiento. Hasta noviembre se habían recibido **36 aportes** de personas ajenas al Nodo. Este proceso permitió incorporar observaciones locales, amenazas recientes y singularidades poco documentadas previamente.

Cada singularidad recibida fue posteriormente sistematizada y, cuando fue posible, trazada hasta literatura científica, informes técnicos o fuentes especializadas, logrando establecer vínculos bibliográficos en la mayoría de los casos. Esta integración entre conocimiento experto, evidencia científica y aportes territoriales enriqueció de manera sustantiva la identificación de singularidades y los parámetros críticos. Los resultados detallados se presentan en los **Anexos I y II**.

Cómo utilizar este Atlas y su versión interactiva

El *Atlas Subantártico* está diseñado para facilitar una comprensión integrada del Laboratorio Natural Subantártico y sus cuatro ambientes. Cada capítulo presenta una descripción de sus **singularidades** y la propuesta de **parámetros críticos**. Al final, la sección de **referencias** permite profundizar en el conocimiento de cada ambiente. En la selección de referencias se han priorizado obras en idioma español. Esta estructura permite realizar una lectura secuencial o bien abordar los capítulos de manera independiente, según el interés de investigación, gestión territorial o enseñanza.

Este documento complementa con su versión digital, el *Atlas Subantártico Interactivo*, desarrollado en *ArcGIS Experience*. La plataforma organiza los contenidos en **pestañas temáticas** y permite navegar los ambientes, acceder a contenido ampliado, visualizar capas territoriales. Además, al ser concebida como un recurso actualizable, el formulario "*Detección Participativa de Singularidades*" permite aportar nuevas singularidades y capas de información, facilitando la exploración geoespacial y democratizando el acceso al conocimiento territorial del Laboratorio Natural Subantártico.

El *Atlas Subantártico Interactivo* está disponible en:

<https://experience.arcgis.com/experience/f6eeff9adbab4fc0b13c3bfe400ac3ba>

Singularidades de los bosques y turberas más australes

Los bosques y turberas más australes corresponden al ambiente terrestre más habitual del Laboratorio Natural Subantártico (LNS), extendiéndose entre los 43° y 56° de latitud sur, en el extremo austral de Sudamérica. Este ecosistema abarca una amplia franja geográfica, delimitada por el Océano Pacífico al oeste, y la estepa patagónica al este (Figura 1).



Figura 1. Distribución de los bosques y turberas más australes (verde) en el Laboratorio Natural Subantártico. Las áreas de color blanco representan otros ambientes subantárticos.

En el sector occidental, estos bosques se distribuyen sobre un paisaje fragmentado, conformado por un complejo sistema de fiordos, canales e islas donde predominan condiciones climáticas extremadamente húmedas (Paskoff, 2010), con precipitaciones anuales que superan los 6.000 mm anuales. Al este, por el contrario, en la transición hacia la estepa, el clima se torna seco y frío, con precipitaciones inferiores a los 250 mm al año (Radic-Schilling et al., 2021). Este **notable gradiente climático, en una distancia reducida, es uno de los más pronunciados a nivel global** (Garreaud et al., 2013; 2018; Quilodrán et al., 2022; Veblen y Lorenz, 1988) y confiere a esta ecorregión una **alta heterogeneidad en su biodiversidad** (Astorga et al., 2021).

Los bosques templados y humedales subantárticos constituyen la **mayor extensión de este tipo de ecosistemas en todo el hemisferio sur** (Armesto et al., 2009) y representan las **comunidades forestales más australes del planeta** (Rozzi et al., 2007). Además, albergan un elevado número de **cuencas prístinas** -o con un bajo grado de intervención antrópica respecto de otras zonas del planeta- conformando la **superficie de bosques templados y humedales primarios más extensa del mundo** (Armesto et al., 2009; Arroyo, 1998; Astorga et al., 2021; Mansilla et al., 2023; Rozzi et al., 2012). Estas características posicionan a este bioma subantártico como un invaluable **patrimonio natural de relevancia mundial** (Figura 2; Armesto et al., 1998; Astorga et al., 2021; Morales-Hidalgo et al., 2015; Watson et al., 2018).

Durante el Cretácico Tardío y hasta el Paleógeno, **el extremo suroccidental de Sudamérica (región de Magallanes) habría estado unido a Antártica mediante un puente terrestre** conocido como el “Istmo de Wedell”. Esta conexión permitió la formación de un **bosque continuo entre ambos continentes**, dando lugar a una biota mixta antártica-patagónica dominada por especies de árboles del género *Nothofagus* (Leppe et al., 2012; Reguero et al., 2014; Rozzi et al., 2023).

Actualmente, este ambiente subantártico se encuentra conformado por tres tipos principales de ecosistemas (Rozzi et al., 2007): El primero de ellos, los **bosques siempreverdes**, donde destacan el coigüe de Magallanes (*Nothofagus betuloides*), el canelo (*Drimys winteri*) y el ciprés de las Guaitecas (*Pilgerodendron uviferum*), esta última especie correspondiente a **la conífera con el límite de distribución más austral del planeta** (Bannister et al., 2012). En segundo lugar, los **bosques caducifolios**, dominados por la lenga (*Nothofagus pumilio*) y el ñirre (*Nothofagus antarctica*). El tercero, un extendido **complejo de turberas**, con una alta predominancia del musgo *Sphagnum magellanicum*. Varias de ellas, favorecidas

por el aislamiento geográfico y una explotación productiva más reciente, **se conservan en un estado prácticamente prístino** (Figura 3; Iturraspe, 2016).



Figura 2. Bosque subantártico desde el mirador Parque Glaciar Río Mosco, Villa O'Higgins.
Fotografía: Laura Sánchez Jardón.

Las **turberas** son humedales de altísimo valor ecológico, pues constituyen los **sistemas naturales más eficientes en el secuestro de carbono**, desempeñando un papel clave en la mitigación del cambio climático (e.g. Yu et al., 2011). La región de Magallanes alberga el 90% de la superficie de turberas del país, con un área estimada de al menos 31.000 km² (CONAF, 2006, 2017; Mansilla et al., 2023). Estas turberas **almacenan hasta cinco veces más carbono que toda la biomasa aérea de los bosques chilenos**, consolidándose como el **reservorio natural de carbono más importante del país** (Hoyos-Santillán et al., 2019; Mansilla et al., 2023; Saatchi et al., 2011) y el **principal del hemisferio sur extratropical** (Iturraspe, 2016).

Las turberas subantárticas son profundas (11 a 14 m) y antiguas (18.000 años alrededor de los 45°S), las que dada su latitud austral se han visto directamente influenciadas por los vientos del oeste y la Corriente Circumpolar Antártica. Estas características las convierten en **testigos de la historia evolutiva de alta resolución y confiabilidad**, útiles para comprender cambios ambientales y climáticos a nivel regional y global (Mansilla et al., 2023).



Figura 3. Turberas de *Sphagnum magellanicum* en el valle La Paciencia, Parque Natural Karukinka, al sur de la isla de Tierra del Fuego. Fotografía: Roy Mackenzie.

En los bosques templados subantárticos nacen una infinidad de ríos, lagos y cursos de agua (Astorga et al., 2021) que dan lugar a una red fluvial de varios cientos de miles de kilómetros de longitud (Reid et al., 2023). En esta región se encuentran **tres de los ríos más grandes¹ de Chile**: Aysén, Baker y Pascua, siendo el Baker **el más caudaloso del país**. Por otro lado, concentra **el lago más grande de Chile y el segundo más grande de Sudamérica** (lago binacional General Carrera), y **dos de**

¹ Considerando la anchura y el caudal del río (Reid et al., 2023).

los diez lagos más profundos del orbe: O'Higgins (810 m) y General Carrera (580 m; Reid et al., 2023).

Parte de esta ecorregión se encuentra emplazada sobre **los karst más australes de la Tierra:** unidades de rocas calizas cuya naturaleza mineral (carbonato de calcio) las vuelve altamente solubles, generando notables relieves compuestos por galerías, acantilados y cuevas. Estos paisajes kársticos afloran en la Isla Diego de Almagro (51° 30' S) y el Archipiélago Madre de Dios (50° 30' S), donde este último sitio destaca por **conservar pinturas rupestres del pueblo Kawésqar y representar el primer hallazgo de este tipo en los archipiélagos patagónicos** (Maire et al., 2009).

Alrededor de 24 especies de mamíferos habitan los bosques y turberas más australes. Entre ellos son emblemáticos el huemul (*Hippocamelus bisulcus*), **el ciervo más austral del mundo;** y el pudú (*Pudu pudu*), perteneciente al **género de ciervos más pequeños del planeta.** Además, destacan el puma (*Puma concolor*), el huillín (*Lontra provocax*) y **dos de los felinos salvajes más pequeños del mundo:** la güiña (*Leopardus guigna*) y el gato montés sudamericano (*Leopardus geoffroyi*; Astorga et al., 2021). En cuanto a las aves, se distingue el carpintero negro (*Campephilus magellanicus*), la **especie de pájaro carpintero más grande de Sudamérica** (Arango et al., 2007; Rozzi et al., 2007).

En este ambiente, el nivel de endemismo en la biodiversidad es impresionante. Por ejemplo, en el extremo sur del continente americano, en el Archipiélago Cabo de Hornos, **cerca del 90% de las plantas leñosas y alrededor del 60% de las especies de briófitas son endémicas** (Rozzi, 2018). Por otro lado, en este lugar se encuentra la **mayor diversidad de flora no vascular de Chile**, con 750 especies de briófitas, entre hepáticas (300) y musgos (450), que representan **más del 5% de estas especies conocidas en el planeta.** Además, en la isla Hornos se ha identificado **el árbol más austral del mundo, un coigüe de Magallanes (*Nothofagus betuloides*)**. Otras dos especies de árboles están presentes en los bosques más australes del mundo de isla Hornos: *Drimys winteri* (Rozzi et al., 2007) y *Nothofagus antarctica*, cuyo último ejemplar está aproximadamente a 17 m al norte del *N. betuloides* más meridional (Buma et al., 2020).

La abundante lluvia que caracteriza el sector más occidental de los bosques y turberas australes ha moldeado la vida cotidiana de quienes los habitan, influyendo en su arquitectura y vestimenta. La necesidad de resguardar los espacios comunes de la constante humedad ha dado origen a prácticas culturales, como el uso del fuego para calefacción, secado y preparación de alimentos; y a oficios artesanales,

como la **tejuelería**: fabricación de tejas de madera nativa para las viviendas y los espacios comunes (Rojas et al., 2020; Figura 4).



Figura 4. Tejas de madera nativa en construcciones de Caleta Tortel.
Fotografía: Pamela Maldonado.

Dentro de las maderas nativas, la de ciprés de las Guaitecas (*P. uviferum*) destaca por su fragancia, alta flotabilidad y **notable resistencia a la pudrición**, gracias a la presencia de **metabolitos secundarios** que inhiben la acción de bacterias y hongos (Solís et al., 2004); siendo muy apreciada en la fabricación de embarcaciones, muelles, postes y muebles (e.g. Quintanilla, 2009).

Caleta Tortel, situada al costado de la desembocadura del río Baker en la región de Aysén, ha utilizado el ciprés de las Guaitecas para la construcción de sus icónicas **pasarelas de madera**, comunicando embarcaderos y viviendas a lo largo de más de 7 kilómetros de extensión (Cerdeira, 2013). En un territorio de “borde-mar” caracterizado por pronunciadas pendientes, *mallines* (humedales) y turberas, los

habitantes lograron establecer una continuidad peatonal frente a la discontinuidad geográfica (Vásquez & Avellaneda, 2007; Figura 5).



Figura 5. Una de las plazas de Caleta Tortel, construida sobre pilares de madera de ciprés de las Guaitecas. Fotografía: Pamela Maldonado.

Esta localidad fue declarada **Zona Típica** por el Consejo de Monumentos Nacionales el año 2001, por representar un **caso excepcional de edificación y urbanización** logrando *“un medio de conexión con su entorno paisajístico, integrando el mar, los cerros, la flora y fauna”* donde *“lo construido por el hombre (...) conforma una unidad paisajística, con características ambientales propias que definen y otorgan identidad, referencia histórica y urbana”* (BCN, 2001).

A día de hoy, sus pobladores continúan con la tradición **“cipseera”** recolectando árboles muertos desde bosques lejanos. Estos son convertidos en postes, anudados entre sí formando balsas, las que a su vez son utilizadas para navegar en las caudalosas aguas del río Baker hacia el destino de acopio (Vásquez & Avellaneda, 2007).

Parámetros críticos en los bosques y turberas más australes

A finales del siglo XIX, la colonización chileno-europea en el sector andino de Aysén provocó una drástica transformación de los bosques densos de *Nothofagus* (Astorga et al., 2021; Simi et al., 2017). La **tala intensiva y la iniciación de incendios** fueron las tácticas más utilizadas en la generación de pastizales para el pastoreo ganadero. Además, la explotación maderera y la propagación de especies invasoras sustituyeron estos bosques por praderas artificiales, matorrales y plantaciones de árboles exóticos. Como resultado, **la cobertura forestal nativa de esta zona se redujo en un 50%**; una pérdida sin precedentes en los últimos tres mil años (Simi et al., 2017).

En el litoral de Aysén la **explotación del ciprés de las Guaitecas** (*Pilgerodendron uviferum*), utilizado especialmente en la fabricación de durmientes de ferrocarril, generó un **impacto ambiental masivo**, no sólo por la **tala directa**, sino por las **quemadas extensivas** utilizadas para despejar los bosques, arrasando con más de 148.000 ha de cipresales, y afectando a otras especies emblemáticas, como el ñirre (*N. antarctica*), el coigüe de Magallanes (*N. betuloides*), el coigüe de Chiloé (*N. nítida*), el tepú (*Tepualia stipularis*), y el canelo (*Drimys winteri*; Molinet et al., 2018).

Se estima que en el año 1957 se extraían cerca de 150.000 m³ anuales, equivalentes a más de 35.000 árboles. En 1973, el evidente deterioro de los bosques de ciprés de las Guaitecas llevó a la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) a **prohibir su comercio internacional**. Actualmente, sólo el 3,6% del bosque original permanece como bosque adulto. Además del daño ecológico, la explotación contribuyó al **desplazamiento y desaparición de los últimos chonos en la zona** (Molinet et al., 2018).

Actualmente, el **cambio climático** y las **actividades humanas** continúan generando impactos en los bosques de la Patagonia chilena, **afectando la distribución de diversas especies** por medio de la erosión del suelo, la contaminación, la degradación y fragmentación de hábitats y la propagación de especies invasoras (Astorga et al., 2021). Por ejemplo, en el archipiélago de Wollaston (55°S), carnívoros invasores como el visón norteamericano (*Neovison vison*) constituyen una de las principales causas de **extinción de vertebrados**, en especial de las aves, que carecen de depredadores nativos (Rozzi et al., 2023).

Muchos taxones clave de los ecosistemas dulceacuícolas patagónicos se encuentran en **peligro de extinción**, especialmente peces y anfibios. **Los salmónidos invasores son considerados la amenaza más significativa para las especies de agua dulce** nativas de la región subantártica (Reid et al., 2023).

En definitiva, el cambio de uso del suelo, la introducción de especies invasoras, la extracción de musgo *Sphagnum* y el cambio climático han sido señaladas como las principales amenazas antropogénicas de las turberas. **El castor (*Castor canadensis*) destaca como una de las especies invasoras más perjudiciales** para los ecosistemas patagónicos, ya que su actividad de construcción de represas y túneles genera inundaciones y drenaje de las turberas. Estas alteraciones, sumadas a la **cosecha no sostenible de musgo *Sphagnum magellanicum*** (Figura 6), modifican el sistema hidrológico, reducen la acumulación de turba, incrementan la tasa de descomposición y **transforman a las turberas en emisores de CO₂** en lugar de sumideros (Mansilla et al., 2023).



Figura 6. Extracción de musgo *Sphagnum* sp. en las cercanías del Lago Vargas, región de Aysén. Fotografía: Pamela Maldonado.

Singularidades de los glaciares andino-patagónicos

En el Laboratorio Natural Subantártico (LNS), los glaciares andino-patagónicos se encuentran situados en los Andes australes y Tierra del Fuego, entre los 43° y 56° de latitud sur (Figura 7). Se ubican desde la cuenca del río Palena hasta la Isla Hoste, en el extremo sur del continente americano; y altitudinalmente, se emplazan desde el nivel del mar hasta los 3.200 m s.n.m. (Barcaza et al., 2017).



Figura 7. Distribución de los glaciares andino-patagónicos en el Laboratorio Natural Subantártico.

Este ambiente integra los **tres cuerpos de hielo templado más grandes del hemisferio sur**, fuera de la Antártica: el **Campo de Hielo Patagónico Norte (CHPN)**, de 4.200 km²; el **Campo de Hielo Patagónico Sur (CHPS)**, **el más grande de Sudamérica** con 13.000 km² (Figura 8); y el Campo de Hielo de la **Cordillera Darwin**, de 2.300 km² (Meier et al., 2018; Rivera et al., 2023). Además, incorpora a los Campos de Hielo: **Gran Campo Nevado, Isla Santa Inés e Isla Hoste**, y a la concentración de glaciares de la **Cordillera Sarmiento**, al sur del CHPS (Figura 9; Barcaza et al., 2017).



Figura 8. La inmensidad del Campo de Hielo Patagónico Sur; el más grande de Sudamérica y una de las reservas de agua más importantes del planeta. Fotografía: Inti González.

Hasta el término del Último Máximo Glaciar (~19.000 años antes del presente), los glaciares patagónicos constituían una **única y continua capa de hielo de aproximadamente 1700 kilómetros de longitud** distribuida sobre la Cordillera de los Andes (38°–55°S), y cuyo desarrollo se vio fuertemente influenciado por los Vientos del Oeste (Moreno et al., 2012). La acción erosiva de este gran manto glaciar **modeló por completo el paisaje**, labrando un complejo sistema de fiordos, canales y archipiélagos y excavando profundos lagos (Moreno et al., 2012). Los cambios geográficos derivados de las fluctuaciones glaciares tuvieron un impacto directo sobre los ecosistemas terrestres, modificando la distribución altitudinal de las comunidades de vegetación altoandinas, y determinando la **formación o**

interrupción de corredores biológicos cruciales para la conectividad de poblaciones animales, como el huemul (*Hippocamelus bisulcus*; Rivera et al., 2023).

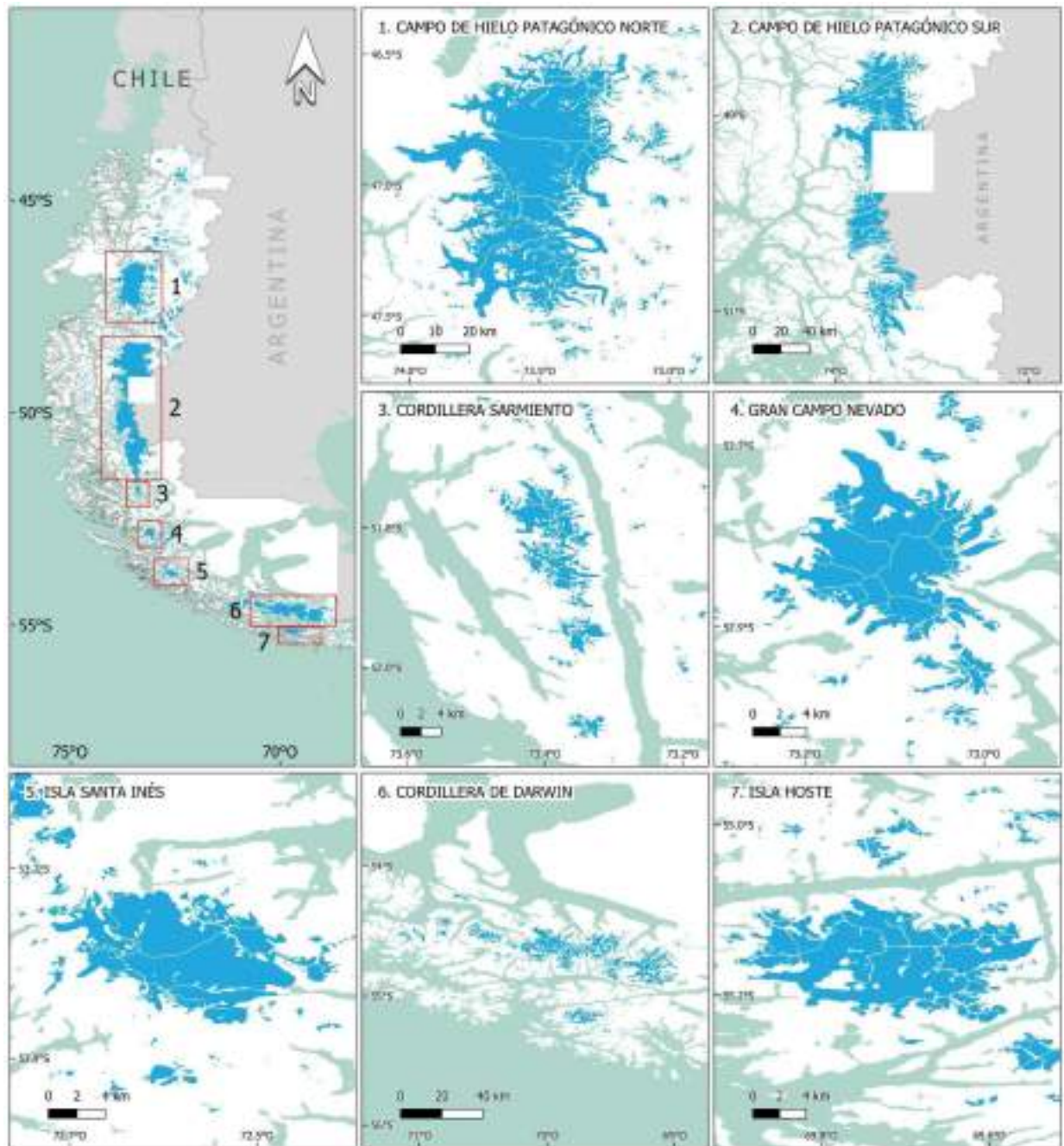


Figura 9. Distribución de las principales concentraciones glaciares del LNS.

Actualmente, los Campos de Hielo Patagónicos Norte y Sur almacenan **¡cuarenta veces más hielo que todos los glaciares de los Alpes europeos juntos!**

convirtiéndolos en una de las **reservas de agua dulce** más importantes del planeta (Fürst et al., 2024). Por otro lado, en el CHPS se encuentra el **glaciar más grande del hemisferio sur** (fuera del continente antártico), con una superficie superior a los 1.300 km². Este cuerpo de hielo, el Pío XI, es el **único glaciar del CHPS que se encuentra en avance** (Rivera, 2018).

El LNS es el **único lugar que alberga glaciares andinos en contacto directo con el océano**, o con cuerpos de agua conectados al mar, como fiordos (Figura 10). Estos glaciares, conocidos como glaciares de marea o *tidewater*, se caracterizan por avanzar rápidamente, extendiéndose y adelgazándose en sus frentes. Al alcanzar el océano, el contacto con el agua de mar propicia el agrietamiento generalizado del hielo, favoreciendo el desprendimiento de grandes bloques en un proceso denominado *calving* (Bown et al., 2019; Moffat et al., 2018).



Figura 10. Glaciar Italia en Cordillera de Darwin, cuyo frente se encuentra en contacto con el Canal Beagle. Fotografía: Pamela Maldonado.

Los glaciares andino-patagónicos constituyen ecosistemas en sí mismos y pueden considerarse biomas, ya que albergan una **biodiversidad única**, con presencia de organismos extremófilos como el enigmático ***Andiperla willinki*; el "Dragón de la Patagonia"** (Figura 11; Madriz et al. 2021; Rivera et al., 2023). El *Andiperla* sp. es un insecto plecóptero, endémico de los campos de hielo australes de Chile y Argentina. Es la **única especie descrita cuyo ciclo de vida tiene lugar en su totalidad en el hielo glaciar**, por lo que se cree que cuenta con la asombrosa capacidad para sintetizar enzimas adaptadas al frío. En Chile, esta especie ha sido documentada sobre los tres campos de hielo del extremo austral del país: CHPN, CHPS y Cordillera de Darwin. Incluso, ha sido registrada en pequeños glaciares "descolgados" de los Campos de Hielo, como el Glaciar Bernal, en la Cordillera Sarmiento, siendo su distribución tan fragmentada como lo esté su hábitat (Vera et al., 2012).



Figura 11. *Andiperla willinki*, el dragón de la Patagonia, habitando el Glaciar Exploradores.
Fotografía: Francisco Vega.

En el LNS, los glaciares proporcionan una amplia gama de **servicios ecosistémicos** al ser humano, entre los que destacan la provisión de agua, la regulación de caudales, la mitigación de inundaciones y deslizamientos de tierra y la conservación de la biodiversidad; todo ello, acompañado de un **importante valor**

paisajístico y cultural (Figura 12; Rivera et al., 2023).

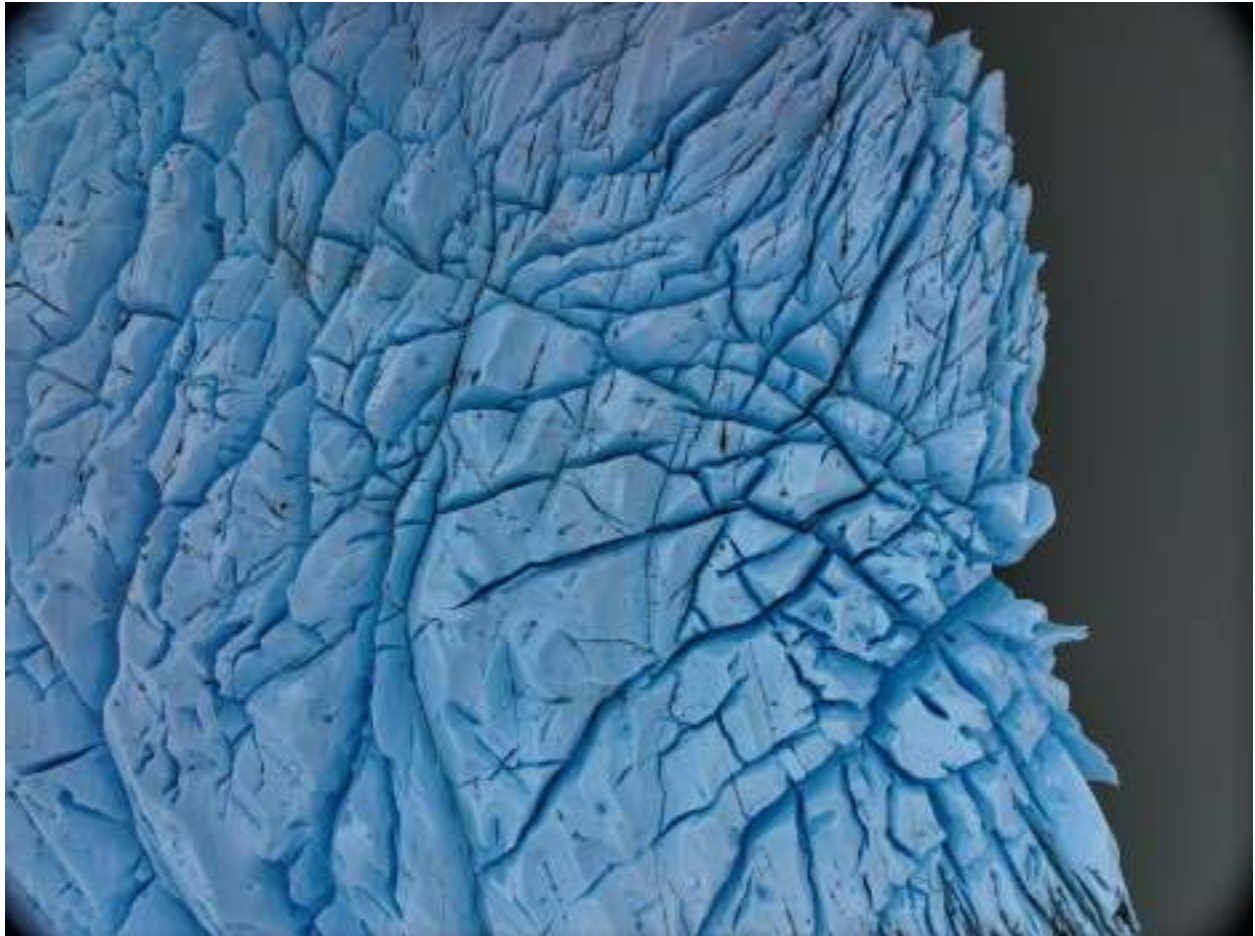


Figura 12. Belleza escénica del glaciar Schiaparelli, Cordillera de Darwin. Fotografía: Inti González.

Parámetros críticos de los glaciares andino-patagónicos

Debido al **cambio climático antropogénico**, los glaciares de Patagonia están experimentando una **pérdida de masa a una de las tasas más altas del mundo** (Minowa et al., 2021). Los Campos de Hielo Patagónicos Norte y Sur concentran aproximadamente el **80% de la pérdida de masa reciente de todos los glaciares andinos** (Braun et al., 2019; Dussaillant et al., 2019), donde los glaciares de marea representan alrededor del 35% y 50% de la pérdida en CHPN y CHPS, respectivamente (Minowa et al., 2021).

El retroceso glaciar en Patagonia ha **contribuido al aumento global del nivel del mar** (Rignot et al., 2003; Rivera et al., 2023) en aproximadamente 3 mm entre 1961 y 2016 (Zemp et al., 2019), y ha desencadenado la formación y expansión de numerosos lagos glaciares en la región, **incrementando el riesgo y frecuencia de inundaciones repentinas** (GLOF; Loriaux & Casassa, 2012).

Por otro lado, **megaproyectos hidroeléctricos** ya se han planeado en el pasado en la Patagonia chilena, amenazando zonas glaciares prístinas (Kargel et al., 2012), mientras que la minería del carbón en Isla Riesco (**la mina de carbón a rajo abierto más grande en la historia de Chile**) sigue generando un impacto significativo sobre los ambientes periglaciares, constituyendo un riesgo para comunidades de alto valor genético (Hebel et al., 2021).

Singularidades de la estepa fuego-patagónica

La estepa patagónica es un bioma de clima frío y semiárido, caracterizado por una vegetación herbácea y arbustiva, compuesta principalmente por gramíneas y hierbas duras, con ausencia de árboles (Pisano, 1986). Esta ecorregión se encuentra ampliamente distribuida en el centro y sur de Argentina, mientras que en Chile se emplaza exclusivamente en las dos regiones más australes del país, entre los 44° y 54°S (Figura 13). En el Laboratorio Natural Subantártico (LNS), la estepa cubre una superficie de 26.986 km²; representando el 2,4% del territorio de la región de Aysén y casi el 19% de la región de Magallanes, sin considerar el territorio antártico (Radic-Schilling et al., 2021).



Figura 13. Distribución de la estepa fuego-patagónica en el Laboratorio Natural Subantártico.

En el sector más septentrional del LNS, la estepa se distribuye en cinco zonas restringidas, ubicadas en la vertiente oriental de los Andes, mientras que hacia el sur ocupa extensos territorios, principalmente en la provincia de Magallanes (al norte de la ciudad de Punta Arenas) y en la Isla Grande de Tierra del Fuego (Pisano, 1986; Radic-Schilling et al., 2021; Roig-Juñent et al., 2018). Este ecosistema se caracteriza por una precipitación anual que varía entre 200 y 600 mm (Radic-Schilling et al., 2021) y temperaturas extremas que pueden descender hasta los -30 °C (Butorovic, 2019). A pesar de estas duras condiciones climáticas, la estepa patagónica es considerada **una de las regiones más ricas en endemismos del mundo** (Baranzelli et al., 2022).

Durante el Mioceno (~16 millones de años atrás), el levantamiento de los Andes del Sur dio lugar a **una de las sombras de lluvia orográfica más drásticas de la Tierra**, limitando el transporte de humedad hacia el margen oriental de la cordillera (Blisniuk et al., 2005). Este factor, sumado a las condiciones frías que prevalecieron en Patagonia tras el establecimiento de la Corriente Circumpolar Antártica (~50 millones de años), favoreció la expansión de arbustos y hierbas adaptados a la aridez y las bajas temperaturas en el este, originando las praderas que caracterizan a la estepa patagónica moderna (Hernández et al., 2019; Iglesias et al., 2011).

Los “coirones”, conformados por densas agrupaciones de gramíneas perennes, dominan la vegetación del paisaje estepárico (Figura 14), donde *Festuca pallescens* y *Festuca gracillima* corresponden a las especies más representativas de Aysén y Magallanes, respectivamente (Pisano, 1986; Radic-Schilling et al., 2021). Además, conserva una amplia diversidad de líquenes, hierbas y flores, que incluye una variedad de orquídeas, como la orquídea porcelana (*Chloraea magellanica*; Figura 15) y la orquídea de las turberas (*Chloraea chica*; Radic-Schilling et al., 2021). Por otro lado, la ribera sur del lago General Carrera, en la región de Aysén, alberga las **cinco especies de cactáceas más australes de Chile** (Millán et al., 2020).

Su fauna, aunque reducida, presenta un **alto endemismo** (Roig-Juñent et al., 2018). El guanaco (*Lama guanicoe*) y el puma (*Puma concolor*) corresponden a los mamíferos de mayor tamaño de la estepa, los que conviven con el zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*), el zorro chilla (*Lycalopex griseus*), el quique (*Galictis cuja*), el gato montés andino (*Leopardus geoffroyi*), el gato colo-colo (*Leopardus colocolo*) y diversos roedores y armadillos. En cuanto a las aves, destaca el ñandú (*Rhea pennata*), **el ave más grande de Chile** (Radic-Schilling et al., 2021) y la conservación de la **única colonia nidificante de pingüino rey (*Aptenodytes patagonicus*) en**

Chile (Kusch & Marín, 2012).



Figura 14. Vegetación herbácea de la estepa patagónica, dominada por los característicos coironales. Sector Valle Jeinimeni, Parque Nacional Patagonia. Fotografía: Arturo Clark.

Varias aves de menor tamaño y/o marinas utilizan la estepa patagónica como lugar de nidificación y alimentación (Radic-Schilling et al., 2021). Uno de estos sitios es Bahía Lomas (52°S); una extensa planicie intermareal y humedal marino-costero que registra el **rango de variación de mareas más amplio de la costa chilena** (Espoz et al., 2022). Se le considera uno de los humedales más relevantes del hemisferio sur por constituir una de las **últimas áreas de invernada de aves migratorias del continente**, siendo la principal para el playero ártico (*Calidris canutus*) y la segunda más importante para el zarapito de pico recto (*Limosa haemastica*; Espoz et al., 2022). Se estima que en épocas de invernada recibe alrededor de 64 mil aves de diferentes especies, por lo que se le ha designado Reserva Hemisférica de Aves Playeras. Además, corresponde al **Santuario de la Naturaleza y sitio RAMSAR más austral del país** (Espoz et al., 2022).

Dado el rápido descenso de la marea, Bahía Lomas ha presenciado numerosos **varamientos de cetáceos**, siendo históricamente aprovechados por el pueblo Selk'nam. Ya que los Selk'nam no practicaban la navegación, esta era la única manera de aprovisionarse de carne y grasa de ballena, la cual les era muy apetecida (Massone & Prieto, 2005).



Figura 15. Orquídea porcelana (*Chloraea magellanica*), una de las especies de flores que son parte de la estepa patagónica. Fotografía: Carla Henríquez.

La estepa patagónica reúne diversos **cuerpos de agua con características hipersalinas e hiperalcalinas**, formados al término del Último Máximo Glacial, hace aproximadamente 10.000 años (Pollier et al., 2024). Algunos de estos lagos (Laguna Amarga, Lago Sarmiento, Lago El Toro, Laguna Sarita y Laguna de los Cisnes) albergan estructuras organo-sedimentarias de carbonato (típicamente de calcio) llamadas estromatolitos y trombolitos, bioconstruidas por comunidades de cianobacterias. Estas bacterias fotosintéticas fueron las principales responsables de la captura de dióxido de carbono y la generación de oxígeno en la atmósfera primitiva del período geológico Arcaico (hace unos 2.500 y 3.700 millones de años), haciendo posible la evolución de la vida en la Tierra (Solari, 2015). La Laguna de los Cisnes (53° S), en la Isla Grande de Tierra del Fuego, **alberga los estromatolitos vivos más australes del mundo**, fuera de Antártica, reuniendo tanto estromatolitos fósiles como actuales (Figura 16; Pollier et al., 2024).



Figura 16. Estromatolitos en Laguna de los Cisnes, Tierra del Fuego. Fotografía: Belén Arenas-Gómez (divulgadora científica en @haiken_geo).

El **viento**, aunque presente en todos los ambientes subantárticos, encuentra su mayor expresión en la estepa, donde ha inspirado numerosas menciones literarias, relatos y vivencias, infiltrándose en la vida cotidiana de sus habitantes. En esta región, la vestimenta tradicional refleja una adaptación histórica ante las rigurosas condiciones climáticas, privilegiando el uso de una **pequeña boina** en lugar de sombreros amplios, más vulnerables a las persistentes ráfagas.

La relación entre los moradores de la estepa con el viento se remonta a los pueblos nómades de la Patagonia; los **Aónikenk** y los **Selk'nam**. Evocando uno de sus cánticos rituales, la última chamán Selk'nam Lola Kiepja decía (Chapman, 2008):

*"Pido a mi cuñado el Viento la flecha del guanaco,
pero me la rehúsa (...)
Los del infinito me hablan del perro del Viento."*

Desde el fin de las glaciaciones, el viento se ha convertido en el principal agente modelador del paisaje estepárico (Santiago & Oria, 2007). Su omnipresencia e intensidad, con rachas que superan con facilidad los 100 km/h (e. g. Santana & Butorovic, 2010), se manifiesta a través de la **erosión eólica**; un proceso geológico característico de los ambientes áridos, semiáridos y costeros, donde abrasivos granos de sedimento son transportados por el viento, desgastando las superficies rocosas.

La **actividad volcánica** también ha dejado su huella en el territorio. Impresionantes formaciones de lavas y cenizas, esculpidas bajo la acción erosiva de los glaciares, el agua y el viento, se alzan en la estepa, destacando entre la vegetación de baja altura (por ejemplo, valle del río Jeinimeni en el Parque Nacional Patagonia; Figura 17). Varios de estos afloramientos sirvieron de refugio a los grupos originarios que transitaban por la estepa en busca de alimento, quienes dejaron evidencia de su vida y cosmovisión por medio de **pinturas rupestres**, cuyo simbolismo y propósito aún no han sido descifrados (Benado et al., 2020).



Figura 17. Circuito del Valle Lunar en el valle del río Jeinimeni, Parque Nacional Patagonia.
Fotografía: Arturo Clark.

A lo largo de la frontera binacional entre Argentina y Chile (52°S), aparece otro paisaje volcánico: Una extensa planicie de oscuras lavas basálticas que constituyen la **expresión más austral de los basaltos de plateau de la Patagonia**

(D'Orazio et al., 2000). Parte de este campo volcánico se encuentra preservado en el Parque Nacional Pali Aike (Figura 18), “lugar desolado” en lengua Aónikenk, testigo de las **primeras ocupaciones humanas del extremo sur de América**, hace unos 11.000 años, al final de la era glacial (Banegas et al., 2014). Este grupo de cazadores-recolectores habría convivido con la megafauna del Pleistoceno tardío, hoy extinta (Hernández et al., 2019).

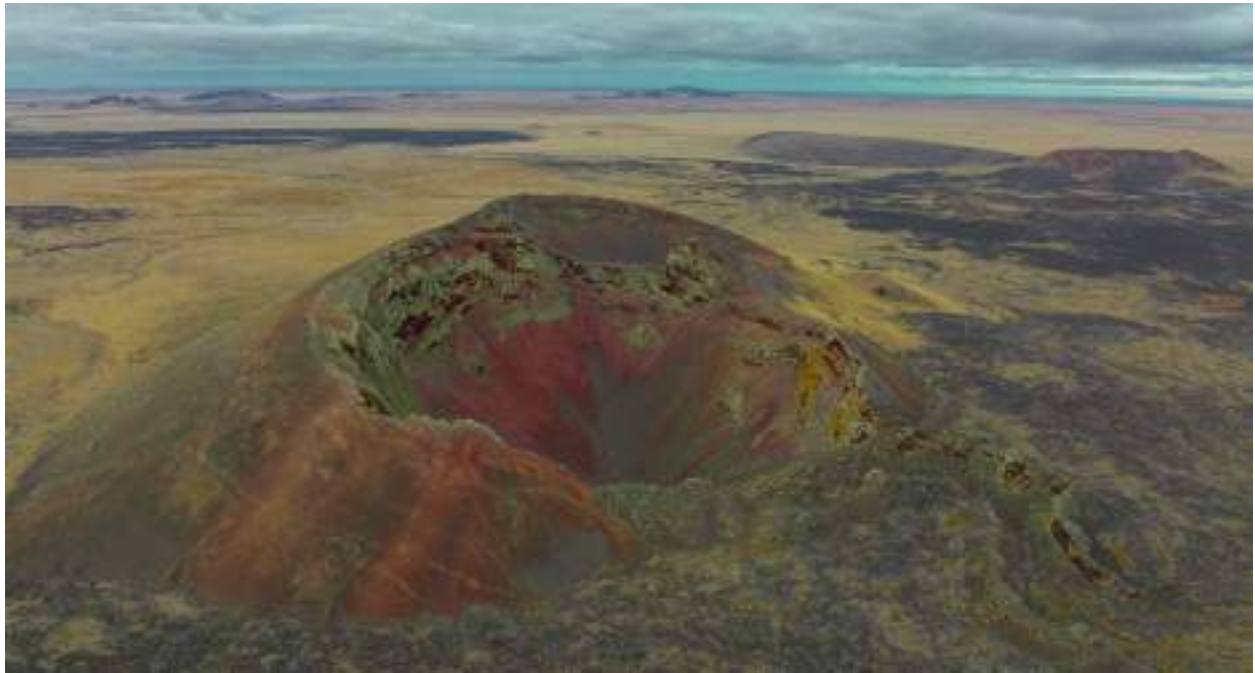


Figura 18. Cráter “Morada del Diablo” en el Parque Nacional Pali Aike, región de Magallanes. Fotografía: Filmagallanes (proyecto Corfo financiado por el Gobierno Regional de Magallanes y Antártica Chilena; <https://filmagallanes.cl>).

Parámetros críticos en la estepa fuego-patagónica

El **pastoreo extensivo de ovinos**, las altas cargas animales en las estepas patagónicas y la falta de monitoreo en la actividad ganadera han transformado muchas comunidades de gramíneas en **praderas degradadas**, favoreciendo procesos de **erosión edáfica** y la **proliferación de especies de plantas exóticas** (Radic-Schilling et al., 2021).

Las especies nativas de la estepa se han visto expuestas a la **depredación y el pastoreo por varios mamíferos introducidos**, tales como el visón americano (*Neogale vison*), la rata almizclera (*Ondatra zibethicus*), el castor americano (*Castor canadensis*), el conejo (*Oryctolagus cuniculus*), la liebre europea (*Lepus europaeus*), el ciervo rojo (*Cervus elaphus*) y el jabalí (*Sus scrofa*; Iriarte et al., 2005, Radic-Schilling et al., 2021).

La **explotación de hidrocarburos** en la región de Magallanes representa otra amenaza significativa, ya que coincide geográficamente con la estepa (Inostroza, 2012; Radic-Schilling et al., 2021). Esta actividad genera impactos negativos en el suelo y la vegetación, **fragmenta hábitats** y puede ocasionar contaminación del agua y del suelo, agravando las presiones existentes sobre este ecosistema.

Los **incendios**, cada vez más frecuentes debido al **cambio climático**, y el **turismo** también han sido señalados como factores importantes en la pérdida de biodiversidad de la estepa (Radic-Schilling et al., 2021).

Últimamente, se han impulsado una serie de proyectos para el desarrollo de la **industria del hidrógeno verde** en la región de Magallanes, que plantean la instalación de miles de **aerogeneradores**. Este despliegue podría **afectar a las poblaciones de aves playeras migratorias**, varias de ellas en **peligro de extinción**, siendo especialmente crítico en los casos del playero ártico (*Calidris canutus*), el zarapito de pico recto (*Limosa haemastica*), el playero de lomo blanco (*Calidris fuscicollis*) y el chorlo de Magallanes (*Pluvianellus socialis*). De igual manera, aves residentes como el canquén colorado (*Chloephaga rubidiceps*), también en peligro de extinción, podrían verse severamente afectadas (Norambuena, 2023).

Singularidades de los fiordos y canales patagónicos

Chile continental consta de un extenso borde costero que recorre desde los 18°S hasta los 56° de latitud sur. A partir de los 42°S, el margen occidental comienza a desmembrarse en **uno de los sistemas de fiordos, canales, y mares interiores más extensos del planeta** (Iriarte et al., 2010), configurando una línea de costa cercana a los 84.000 kilómetros de longitud (Fernández-Génova et al., 2019) **¡Casi 20 veces el largo de Chile continental!** o dicho de otra manera, **¡más de dos veces la vuelta al mundo!**

En el Laboratorio Natural Subantártico (LNS), los fiordos y canales patagónicos se distribuyen desde el Golfo Corcovado (43°S) hasta el Cabo de Hornos (56°S; Figura 19); **hito en la historia de la navegación** al ser el **paso interoceánico más austral del planeta**, marcando el **límite norte del Pasaje de Drake**, que separa Sudamérica de Antártica (Rozzi et al., 2007).

Las fluctuaciones glaciares durante el período Cuaternario fueron el principal agente modelador del paisaje de la región subantártica. Durante el Último Máximo Glaciar, un extenso manto de hielo cubrió la vertiente occidental del continente al sur de la Isla de Chiloé y se extendió hacia las llanuras patagónicas en el este (Moreno et al., 2012). Hace 19 mil años, la desglaciación reveló profundas depresiones formadas por la **intensa erosión glaciar**, las que fueron posteriormente inundadas por el mar, originando el complejo sistema de fiordos, canales e islas que hoy constituyen los archipiélagos de Aysén y Magallanes (Moreno et al., 2012).

Este proceso erosivo fue tan significativo, que creó, por ejemplo, **el tercer fiordo más profundo del mundo, el Canal Messier** (48°S) con 1.288 metros de profundidad (Fernández-Génova et al., 2019). Más al sur, conectó los recientes fiordos del Pacífico con cuencas glaciares abandonadas en el este, formando los **estrechos Otway y Skyring**, y unió los océanos Atlántico y Pacífico a través del **Estrecho de Magallanes** (Moreno et al., 2012).



Figura 19. Distribución de los fiordos y canales patagónicos en el Laboratorio Natural Subantártico.

La **alta pluviosidad** que caracteriza a la región de los fiordos y canales patagónicos (5.000–10.000 mm anuales; Garreaud et al., 2012), junto con el aporte de ríos, glaciares y campos de hielo, genera una marcada estratificación en la columna de agua, limitando el ascenso de nutrientes desde capas profundas. Esto restringe la **productividad primaria** a breves floraciones, aunque altamente eficientes en la exportación de carbono hacia los sedimentos. Así, estos ecosistemas actúan como **importantes sumideros de CO₂** durante las temporadas productivas, ejerciendo un **rol clave en la regulación del carbono a escala local y global** (Iriarte et al., 2010; Vargas et al., 2017).

Los fiordos y canales patagónicos albergan los **bosques de algas pardas “kelps” más australes y prístinos del mundo** (Marambio et al., 2023; Mora-Soto et al., 2022; 2021). En ellos, predomina la especie *Macrocystis pyrifera*, un alga parda gigante considerada una “ingeniera ecosistémica” debido a su capacidad para controlar parámetros físicos en su entorno (Figura 20). Su estructura afecta la dinámica de las corrientes, la mezcla vertical de nutrientes, la distribución de partículas y las condiciones de luz en la columna de agua, además de proporcionar refugio para numerosas especies, fomentando la productividad biológica y la estabilidad del ecosistema. Por otro lado, secuestran grandes cantidades de carbono inorgánico, funcionando como **amortiguadores de la acidificación oceánica** y ayudando a la **adaptación de los ecosistemas marinos ante el cambio climático** (Marambio et al., 2023; Mora-Soto et al., 2022; 2021; Miller et al., 2018).



Figura 20. El alga parda gigante *Macrocystis pyrifera*, la ingeniera ecosistémica de los fiordos y canales patagónicos. Fotografía: Carla Henríquez.

En las aguas del Estrecho de Magallanes y entre el golfo Corcovado (43°-44°S) y el canal Moraleda (44°-44°30'S) se encuentran las **únicas áreas de alimentación de ballenas jorobadas** (*Megaptera novaeangliae*) fuera de los límites del océano Austral en todo el hemisferio sur (Acevedo et al., 2006). El sector de la Isla

Carlos III – Islote Rupert en el Parque Marino Francisco Coloane constituye el **área de mayor importancia para la alimentación de esta especie en aguas interiores del país**, siendo a la vez una zona de alimentación para el lobo marino común (*Otaria flavescens*) y el lobo fino austral (*Arctophoca australis*). Además, destaca como un **área de reproducción** para el lobo marino común y el pingüino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*; Acevedo et al., 2006; SUBPESCA, 2003).

Desde a lo menos cinco o seis milenios antes del presente, los pueblos indígenas canoeros ocuparon los vastos espacios marítimos, litorales y aguas interiores que conforman el archipiélago patagónico y fueguino (e. g. Morello et al., 2012; 2015; Orquera & Piana, 2006). Entre ellos, los **chonos** dominaron con maestría la compleja geografía de fiordos y canales australes, estableciendo rutas de navegación que incluían los istmos (franjales de tierra). Para cruzarlos, empleaban el **arrastradero**, una ingeniosa estrategia que consistía en desarmar sus sencillas pero eficientes **dalcas** –embarcaciones construidas con tablas unidas mediante fibras vegetales, como el voqui (*Hydrangea serratifolia*)–, cargarlas a cuestras y volver a ensamblarlas en el punto donde el mar reaparecía (Puente, 1986; Urbina, 2010).

Los **kawésqar** descienden de los primeros grupos cazadores-recolectores que navegaron los canales del extremo sur de Chile (Fucoa, 2014; Lalueza, 1997). Su territorio ancestral “*Kawésqar Wáes*” se extiende desde el Golfo de Penas (47°S) hasta el Estrecho de Magallanes (Aravena et al., 2018); zona geográfica caracterizada por un clima frío, de intensas lluvias y fuertes vientos, con escasos días de sol (Fucoa, 2014). A pesar de estas duras condiciones y con mínimos recursos materiales disponibles, los kawésqar lograron adaptarse a su medio (Acuña 2013). Por otro lado, su estilo de vida nómada ayudó a mantener un bajo impacto sobre su entorno (Aravena et al., 2018).

Aunque sus roles eran complementarios (Acuña, 2013), generalmente los hombres estaban a cargo de la caza y la pesca, como también de la fabricación de embarcaciones, viviendas y herramientas. A su vez, las mujeres, entre otras funciones, se dedicaban a la recolección de vegetales y mariscos, siendo **excelentes buceadoras** (Fucoa, 2014), practicándolo “*al desnudo y a pulmón*” (Acuña, 2013). Las **canoas**² constituían un medio esencial para la subsistencia de la

² Inicialmente, las embarcaciones utilizadas por los kawésqar eran **canoas de corteza**; confeccionadas con tiras de corteza de coigüe y cosidas con nervios de ballena. La introducción de herramientas de metal dio paso a la construcción de canoas de tronco ahuecado, o **monóxilas** (Fucoa, 2014).

familia kawésqar, permitiéndoles navegar hacia lugares con mayor disponibilidad de alimento (Fucoa, 2014). Al alcanzar la costa, los kawésqar pernoctaban en viviendas temporales (rucas), de forma abovedada, construidas con ramas. Al continuar la travesía, la estructura no se desarmaba, quedando disponible para su reutilización (Acuña, 2013; Fucoa, 2014).

Puerto Edén, poblado ubicado en la costa oriental de la isla Wellington, a 260 millas náuticas de navegación al norte de Puerto Natales, es considerada **una de las localidades más aisladas de Chile y la más cercana a Campo de Hielo Sur** (Figura 21). Alberga a la **última comunidad sociológica de la etnia kawésqar** (Comunidad Indígena Kawésqar Residente en Puerto Edén), siendo reconocidos como **Tesoro Humano Vivo** por la UNESCO en el año 2009 (Aravena et al., 2018).



Figura 21. Puerto Edén, isla Wellington, región de Magallanes. Fotografía: Pamela Maldonado.

Desde el sur de la Isla Grande de Tierra del Fuego hasta el Cabo de Hornos, se extiende el *Yagan Usi*, el territorio –y maritorio– ancestral del **pueblo canoero yagán, la sociedad indígena más austral del planeta** (Fiore et al., 2025; Rozzi et al., 2012). Su modo de vida tradicional se basaba en la captura de lobos marinos, la caza de guanacos, la pesca, la recolección de mariscos y plantas, así como el consumo de ballenas varadas (Fiore et al., 2021). Al igual que los kawésqar, utilizaban **canoas de corteza**, construidas con maestría a partir de, al menos, tres planchas de corteza de coigüe extraídas desde un árbol vivo, y unidas entre sí mediante fibras vegetales,

barbas de ballena, tendones de guanaco o correas de piel de pinnípedos (Águila et al., 2019). Elaboraban herramientas de hueso (arpones, cuñas, punzones, etc.), herramientas líticas (raspadores, puntas de proyectil, etc.), adornos (collares de cuentas, diademas de plumas, pinturas corporales, etc.) y artefactos ceremoniales, como máscaras y tablillas pintadas (Figura 22; Fiore et al., 2021).

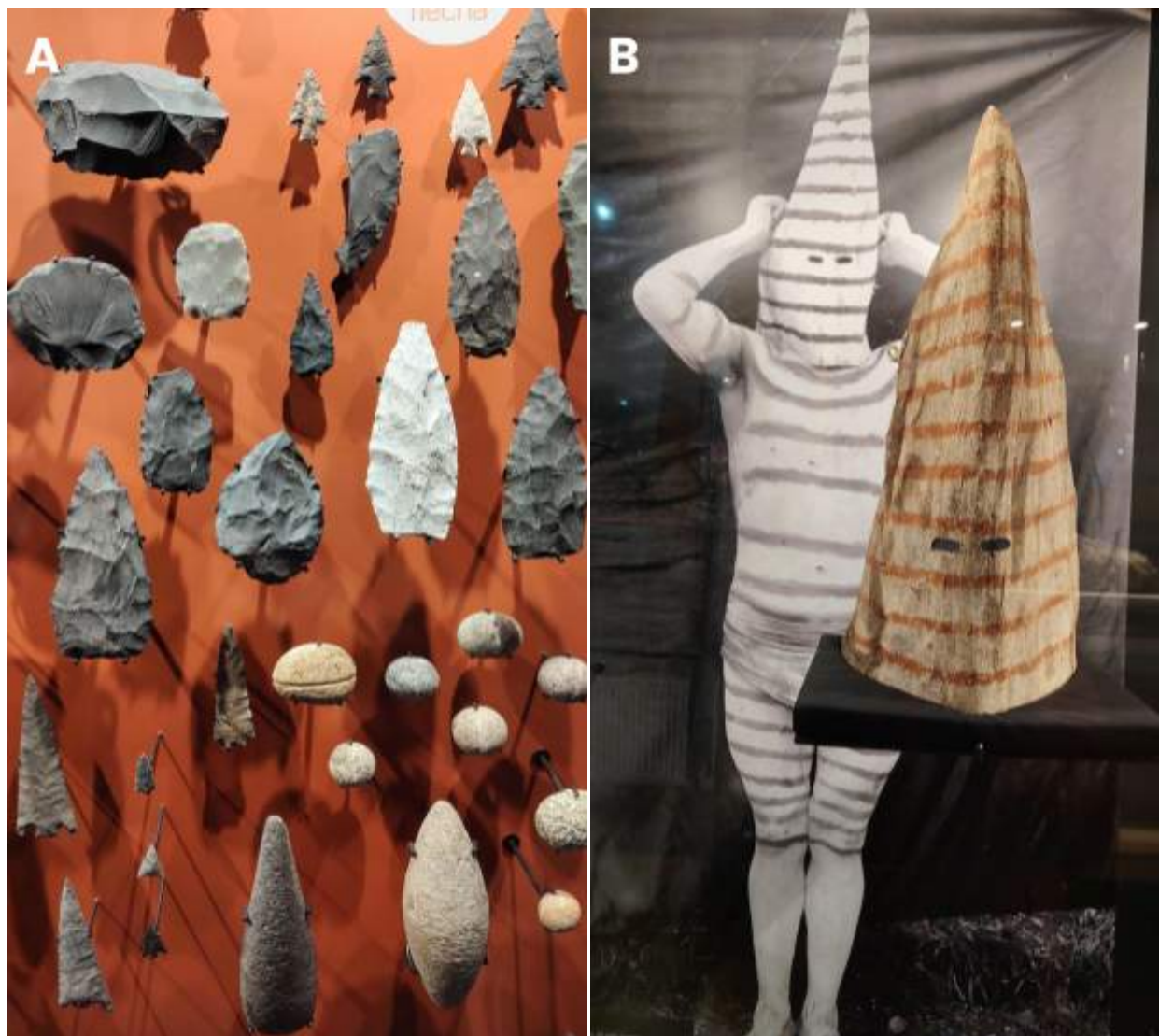


Figura 22. Colección arqueológica del Museo Territorial Yagan Usi, Puerto Williams. **A.** Diversas herramientas líticas. **B.** Máscara ceremonial elaborada con cuero de guanaco. Fotografía: Pamela Maldonado.

A pesar del impacto occidental que tuvo lugar desde el siglo XVII, los yaganes continuaron desarrollando numerosas prácticas tradicionales, como el **chiéjaus**, una ceremonia de iniciación de hombres y mujeres jóvenes en las responsabilidades de la adultez (Fiore et al., 2021; 2025). Debido al aislamiento, la

lengua yagán también es considerada la más austral del mundo, llegando a identificarse cinco dialectos (Regúnaga, 2019).

Parámetros críticos de los fiordos y canales patagónicos

El rápido crecimiento de la salmonicultura en los fiordos y canales patagónicos ha generado **contaminación marina por antibióticos**, **eutrofización** de las aguas marinas y lacustres, **depredación de especies** nativas y en peligro, **infecciones virales** y el **desplazamiento de las comunidades pesqueras tradicionales** de sus territorios ancestrales (Rozzi et al., 2023).

El **cambio climático**, y la consecuente aceleración **en el derretimiento de los glaciares**, constituye otra amenaza significativa para la biodiversidad de los fiordos; aumentando la **acidificación de la columna de agua**, instaurando un ambiente corrosivo para los organismos calcáreos (Vargas et al., 2017). A la vez, el proceso de derretimiento acelerado incrementa la **turbidez en la columna de agua**, lo que **reduce la productividad primaria** en los ecosistemas oceánicos costeros (Rozzi et al., 2023).

A nivel global, los bosques de macroalgas han sido devastados por la **sobreexplotación para la extracción de alginatos**. A lo largo de la costa chilena, la creciente **sobrepesca** de bosques naturales de macroalgas constituye una amenaza constante para estos ecosistemas (Marambio et al., 2023; Rozzi et al., 2023).

A la vez, el crecimiento exponencial de la industria del **turismo de cruceros** en áreas terrestres-marinas anteriormente protegidas plantea nuevos desafíos en torno al impacto y la regulación de esta actividad (Rozzi et al., 2023).

Referencias

- Acevedo, J.A., Aguayo-Lobo, A., & Pastene, L.A. (2006). Filopatría de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae* Borowski, 1781), al área de alimentación del estrecho de Magallanes. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 41(1). <https://doi.org/10.4067/s0718-19572006000100004>
- Acuña, Á. (2013). Memoria del pueblo Kawésqar a través de una historia de vida. *Magallania*, 41(1), 99-121. <https://doi.org/10.4067/s0718-22442013000100005>
- Águila, N.A., Piquer, A.G., Huerta, R.P.I., & Prieto, A. (2019). *Fragmentos de realidad: Arqueología y etnografía de las canoas de corteza en el área del Cabo de Hornos*. Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7879327>
- Aguilera J. & Larraín F. (2018). *Laboratorios Naturales para Chile: Ciencia e innovación con ventaja*. Ediciones UC.
- Aguilera J. & Larraín F. (2021). Natural laboratories in emerging countries and comparative advantages in science: Evidence from Chile. *Review of Policy Research*, 38:732-753. <https://doi.org/10.1111/ropr.12450>
- ANID (2021). Bases Concursables: Nodos Laboratorios Naturales. Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo. <https://www.anid.cl>
- Arango, X., Rozzi, R., Massardo, F., Anderson, C. B., & Ibarra, T. (2007). Descubrimiento e implementación del pájaro carpintero gigante (*Campephilus magellanicus*) como especie carismática: una aproximación biocultural para la conservación en la Reserva de Biosfera Cabo de Hornos. *Magallania*, 35(2). <https://doi.org/10.4067/s0718-22442007000200006>
- Aravena, J., Vela-Ruiz, G., Torres, J., Huenucoy, C., & Tonko, J. (2018). Parque Nacional Bernardo O'Higgins/Territorio Kawésqar WAEs: Conservación y gestión en un territorio ancestral. *Magallania*, 46(1), 49-63. <https://doi.org/10.4067/s0718-22442018000100049>
- Armesto, J.J., Smith-Ramírez, C., Carmona, M.R., Celis-Diez, J.L., Díaz, I.A., Gaxiola, A., Gutiérrez, A.G., Núñez-Avila, M.C., Pérez, C.A., & Rozzi, R. (2009). Old-Growth Temperate Rainforests of South America: Conservation, Plant-Animal Interactions, and Baseline Biogeochemical Processes. En *Ecological studies* (pp. 367-390). https://doi.org/10.1007/978-3-540-92706-8_16

- Arroyo, M.T.K. (1998). Los bosques de lenga de Chile ¿Qué debemos hacer para asegurar su adecuada preservación y uso sustentable? En *Defensores del Bosque Nativo (Eds). La tragedia del bosque chileno* (pp. 110-116). Ocho Libros Editores.
- Astorga, A., Moreno-Meynard, P., Rojas, P., & Reid, B. (2021). Donde nacen los Ríos: Cuencas de Bosques Prístinos en la Patagonia Occidental Austral. Conservación En La Patagonia Chilena: Evaluación Del Conocimiento, Oportunidades y Desafíos, 167-198.
- Aylwin, J., Arce, L., Guerra, F., Núñez, D., Álvarez, R., Mansilla, P., Alday, D., Caro, L., Chiguay, C., & Huenucoy, C. (2021). Conservación y pueblos indígenas en la Patagonia chilena. En Castilla, J.C., Armesto Zamudio, J.J., Martínez-Harms, M.J., Tecklin, D. (eds) *Conservation in Chilean Patagonia* (pp 495-531). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-39408-9_16
- Banegas, A., Otero, J.G., Goye, S., & Ratto, N. (2014). Cabezales líticos del holoceno tardío en Patagonia Meridional: diseños y asignación funcional. *Magallania*, 42(2), 155-174. <https://doi.org/10.4067/s0718-22442014000200009>
- Bannister, J.R., Donoso, P.J., & Bauhus, J. (2012). Persistence of the Slow Growing Conifer *Pilgerodendron uviferum* in Old-Growth and Fire-Disturbed Southern Bog Forests. *Ecosystems*, 15(7), 1158-1172. <https://doi.org/10.1007/s10021-012-9574-7>
- Baranzelli, M.C., Cosacov, A., Sede, S.M., Nicola, M.V., & Sérsic, A.N. (2022). Anthropocene refugia in Patagonia: A macrogenetic approach to safeguarding the biodiversity of flowering plants. *Biological Conservation*, 268, 109492. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109492>
- Barcaza, G., Nussbaumer, S. U., Tapia, G., Valdés, J., García, J., Videla, Y., Albornoz, A., & Arias, V. (2017). Glacier inventory and recent glacier variations in the Andes of Chile, South America. *Annals Of Glaciology*, 58(75pt2), 166-180. <https://doi.org/10.1017/aog.2017.28>
- BCN. (2001). Decreto 282 Exento declara zona típica pueblo de Caleta Tortel, ubicado en comuna de Tortel, provincia de Capitan Prat, XI Region de Aisen del General Carlos Ibañez del Campo. En *Biblioteca del Congreso Nacional de Chile*. Ministerio de Educación. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=186053>
- Benado, J., Andrade, F., Clark, A., & Sánchez-Jardón, L. (2020). *Rutas interactivas e inclusivas en Jeinimeni*. Ediciones Universidad de Magallanes. https://rutasjeinimeni.cl/documentos/digital_Jeinimeni_compressed.pdf

- Bendle, J.M., Palmer, A.P., Thorndycraft, V.R., & Matthews, I.P. (2019). Phased Patagonian Ice Sheet response to Southern Hemisphere atmospheric and oceanic warming between 18 and 17 ka. *Scientific Reports*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-39750-w>
- Blisniuk, P.M., Stern, L.A., Chamberlain, C.P., Idleman, B., & Zeitler, P.K. (2005). Climatic and ecologic changes during Miocene surface uplift in the Southern Patagonian Andes. *Earth And Planetary Science Letters*, 230(1-2), 125-142. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2004.11.015>
- Bown, F., Rivera, A., Pętllicki, M., Bravo, C., Oberreuter, J., & Moffat, C. (2019). Recent ice dynamics and mass balance of Jorge Montt Glacier, Southern Patagonia Icefield. *Journal Of Glaciology*, 65(253), 732-744. <https://doi.org/10.1017/jog.2019.47>
- Braun, M.H., Malz, P., Sommer, C., Farías-Barahona, D., Sauter, T., Casassa, G., Soruco, A., Skvarca, P., & Seehaus, T. C. (2019). Constraining glacier elevation and mass changes in South America. *Nature Climate Change*, 9(2), 130-136. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0375-7>
- Buma, B., Holz, A., Diaz, I., & Rozzi, R. (2020). The world's southernmost tree and the climate and windscapes of the southernmost forests. *Ecography*, 44(1), 14-24. <https://doi.org/10.1111/ecog.05075>
- Butorovic, N. (2019). Comportamiento de las variables precipitación y temperatura del aire en la ciudad de Punta Arenas durante el período Enero-Julio 2019. Informe solicitado por Empresa Pecket-Energy. Santiago: Chile.
- Cerda, G. (2013). Ciudad de Agua. *AUS*, 13, 23-26. <https://doi.org/10.4206/aus.2013.n13-06>
- Chapman, A. (2008). *Fin de un mundo. Los Selk'nam de Tierra del Fuego*. Pehuén Editores. <https://www.memoriachilena.gob.cl/archivos2/pdfs/MC0043450.pdf>
- Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo, CNID (2015). Laboratorios Naturales. Región Subantártica. Plataforma Documental CTCI. <https://docs.consejoctci.cl/documento/laboratorios-naturales-region-subantartica/>
- Corporación Nacional Forestal (CONAF). (2006). *Catastro de uso de suelo y vegetación*. Región de Magallanes y Antártica Chilena.
- Corporación Nacional Forestal (CONAF). (2017). *Superficie de uso de suelo regional*.

- D’Orazio, M., Agostini, S., Mazzarini, F., Innocenti, F., Manetti, P., Haller, M. J., & Lahsen, A. (2000). The Pali Aike Volcanic Field, Patagonia: slab-window magmatism near the tip of South America. *Tectonophysics*, 321(4), 407–427. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(00\)00082-2](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(00)00082-2)
- Domínguez, E. (2024). Rescate etnobotánico de la flora nativa en la Patagonia austral: uso y conocimiento tradicional por parte de sus pueblos originarios. *Informativo INIA Kampenaike*, 136. <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/c50ec715-e122-4909-87b9-81438fdf5322/content>
- Domínguez, E., Marticorena, C., Elvebakk, A., & Pauchard, A. (2004). Catálogo de la flora vascular del Parque Nacional Pali Aike, XII región, Chile. *Gayana Botánica*, 61(2). <https://doi.org/10.4067/S0717-66432004000200005>
- Dussaillant, I., Berthier, E., Brun, F., Masiokas, M., Hugonnet, R., Favier, V., Rabatel, A., Pitte, P., & Ruiz, L. (2019). Two decades of glacier mass loss along the Andes. *Nature Geoscience*, 12(10), 802–808. <https://doi.org/10.1038/s41561-019-0432-5>
- Espoz, C., Matus, R., Haro, D., Luna, D., & Norambuena, H. V. (2022). Effective conservation and good governance at the Ramsar site Bahía Lomas, Tierra del Fuego, Chile. *Wetland Science & Practice*, 78–81.
- Fernández-Génova, M., Torres Gómez, M., Repetto-Giavelli, F., Carrevedo, M. L., González, J., Cáceres, B., Aros, V., Vela-Ruiz, G., González, I., & Gómez, R. (2019). *Fiordos: una geografía particular. Una mirada a los ecosistemas del Fiordo de Agostini* (C. Carvalho, Ed.). Fundación Cequa.
- Fiore, D., Butto, A., Acevedo, A., & Da Rosa, N. S. (2025). El arte del chiéjaus: materialidad y agencias en artefactos ceremoniales pintados del pueblo yagán de Tierra del Fuego. *Boletín del Museo Chileno de Arte Precolombino*, 30(1), 98–119. <https://doi.org/10.56522/bmchap.0060010300005>
- Fiore, D., Butto, A., & Filgueira, V.V. (2021). Yagan Heritage in Tierra del Fuego (Argentina): The Politics of Balance. *Heritage*, 4(4), 3790–3805. <https://doi.org/10.3390/heritage4040208>
- Fucoa. (2014). *Kawésqar. Serie Introducción histórica y relatos de los pueblos de Chile*. https://www.fucoa.cl/publicaciones/pueblos_originarios/kawesqar.pdf
- Fürst, J. J., Farías-Barahona, D., Blindow, N., Casassa, G., Gacitúa, G., Koppes, M., Lodolo, E., Millan, R., Minowa, M., Mougnot, J., Pętllicki, M., Rignot, E., Rivera, A., Skvarca, P.,

- Stuefer, M., Sugiyama, S., Uribe, J., Zamora, R., Braun, M. H., . . . Schaefer, M. (2024). The foundations of the Patagonian icefields. *Communications Earth & Environment*, 5(1). <https://doi.org/10.1038/s43247-023-01193-7>
- Gale-Detrich, T., Sánchez Jardón, L., Adiego, A., Rozzi, R., Maldonado, P., Navarrete Almonacid, M., Coloma, J., Hernández Soto, D., Mora Chepo, M., Cancino Salas, R., Bourlon, F., Villa-Martínez, R., Moldenhauer, L., & Henríquez, C. (2023). Catalyzing holistic conservation-based development through ethical travel experiences rooted in the bioculture of Patagonia's subantarctic natural laboratories. En T. Gale-Detrich, A. J. Ednie, & K. Bosak (Eds.), *Tourism and conservation-based development in the periphery: Lessons from Patagonia for rapidly changing world* (Open Access, pp. 427–461). Springer Nature Switzerland AG. https://doi.org/10.1007/978-3-031-38048-8_18
- Garreaud, R. (2018). Record-breaking climate anomalies lead to severe drought and environmental disruption in western Patagonia in 2016. *Climate Research*, 74(3), 217–229. <https://doi.org/10.3354/cr01505>
- Garreaud, R., Lopez, P., Minvielle, M., & Rojas, M. (2012). Large-Scale Control on the Patagonian Climate. *Journal of Climate*, 26(1), 215–230. <https://doi.org/10.1175/jcli-d-12-00001.1>
- Guridi, J.A., Pertuze, J.A., & Pfothhauer, S.M. (2020). Natural laboratories as policy instruments for technological learning and institutional capacity building: The case of Chile's astronomy cluster. *Research policy*, 49(2), 103899. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.103899>
- Hebel, I., Gonzalez, I., & Jaña, R. (2021). Genetic Approach on *Sanionia uncinata* (Hedw.) Loeske to Evaluate Representativeness of in situ Conservation Areas Among Protected and Neighboring Free Access Areas in Maritime Antarctica and Southern Patagonia. *Frontiers in Conservation Science*, 2. <https://doi.org/10.3389/fcosc.2021.647798>
- Hebel, I., Rüdinger, M.C.D., Jaña, R.A., & Bastias, J. (2018). Genetic Structure and Gene Flow of Moss *Sanionia uncinata* (Hedw.) Loeske in Maritime Antarctica and Southern-Patagonia. *Frontiers In Ecology And Evolution*, 6. <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00152>
- Hernández, F., Ríos, C., & Perotto-Baldivieso, H.L. (2019). Evolutionary history of herbivory in the Patagonian steppe: The role of climate, ancient megafauna, and guanaco. *Quaternary Science Reviews*, 220, 279–290. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2019.07.014>

- Hoyos-Santillan, J., Miranda, A., Lara, A., Rojas, M., & Sepulveda-Jauregui, A. (2019). Protecting Patagonian peatlands in Chile. *Science*, 366(6470), 1207-1208. <https://doi.org/10.1126/science.aaz9244>
- Iglesias, A., Artabe, A.E., & Morel, E.M. (2011). The evolution of Patagonian climate and vegetation from the Mesozoic to the present. *Biological Journal Of The Linnean Society*, 103(2), 409-422. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2011.01657.x>
- Inostroza, L. (2012). Patagonia, antropización de un territorio natural. *Cuadernos de Investigación Urbanística*, 83, 86
- Iriarte, J. L., González, H. E., & Nahuelhual, L. (2010). Patagonian Fjord Ecosystems in Southern Chile as a Highly Vulnerable Region: Problems and Needs. *AMBIO*, 39(7), 463-466. <https://doi.org/10.1007/s13280-010-0049-9>
- Iriarte, J.A., Lobos, G. A., & Jaksic, F.M. (2005). Invasive vertebrate species in Chile and their control and monitoring by governmental agencies. *Revista Chilena de Historia Natural*, 78(1). <https://doi.org/10.4067/s0716-078x2005000100010>
- Iturraspe, R. (2016). Patagonian Peatlands (Argentina and Chile). En *Springer eBooks* (pp. 1-10). https://doi.org/10.1007/978-94-007-6173-5_230-1
- Kargel, J.S., Alho, P., Buytaert, W., Céleri, R., Cogley, J.G., Dussaillant, A., Guido, Z., Haeblerli, W., Harrison, S., Leonard, G., Maxwell, A., Meier, C., Poveda, G., Reid, B., Reynolds, J., Rodríguez, C.A.P., Romero, H., & Schneider, J. (2012). Glaciers in Patagonia: Controversy and prospects. *Eos*, 93(22), 212. <https://doi.org/10.1029/2012eo22001>
- Kusch, A., & Marín, M. (2012). Sobre la distribución del Pingüino Rey *Aptenodytes patagonicus* (Aves: Spheniscidae) en Chile. *Anales del Instituto de la Patagonia*, 40(1), 157-163. <https://doi.org/10.4067/s0718-686x2012000100020>
- Lalueza, C. (1997). Lack of founding Amerindian mitochondrial DNA lineages in extinct aborigines from Tierra del Fuego-Patagonia. *Human Molecular Genetics*, 6(1), 41-46. <https://doi.org/10.1093/hmg/6.1.41>
- Leppe, M., Mihoc, M., Varela, N., Stinnesbeck, W., Mansilla, H., Bierma, H., Cisterna, K., Frey, E., & Jujihara, T. (2012). Evolution of the Austral-Antarctic flora during the Cretaceous: New insights from a paleobiogeographic perspective. *Revista Chilena de Historia Natural*, 85(4), 369-392. <https://doi.org/10.4067/s0716-078x2012000400002>
- Loriaux, T., & Casassa, G. (2012). Evolution of glacial lakes from the Northern Patagonia

- Icefield and terrestrial water storage in a sea-level rise context. *Global And Planetary Change*, 102, 33–40. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2012.12.012>
- Madriz, R.I., Sepúlveda, J., Cole, M., & Sánchez-Jardón, L. (2021). *La perla de los Andes, Andiperla: El Dragón de la Patagonia*. Ediciones Universidad de Magallanes. https://drive.google.com/file/d/1KrkeNRUcp0IewKCAzbguIBVq_M8uPE6w/view
- Maire, R., Tourte, B., Jaillet, S., Despain, J., Lans, B., Brehier, F., Fage, L.-H., & Morel, L. (2009). Geomorphic and archaeological features of coastal caves in Madre de Dios archipelago (Patagonia, Chile). *Proceeding of "Karst Horizons" International Congress, UIS, Kerrville, Texas*, 3, 516–521.
- Mansilla, C.A., Domínguez, E., Mackenzie, R., Hoyos-Santillan, J., Henríquez, J.M., Aravena, J. C., & Villa-Martínez, R. (2023). Peatlands in Chilean Patagonia: Distribution, Biodiversity, Ecosystem Services, and Conservation. En Castilla, J.C., Armesto Zamudio, J.J., Martínez-Harms, M.J., Tecklin, D. (Eds.) *Conservation in Chilean Patagonia* (p. 153–174) Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-39408-9_6
- Massone, M., & Prieto, A. (2005). Ballenas y delfines en el mundo Selk'nam: una aproximación etnográfica. *Magallania*, 33(1). <https://doi.org/10.4067/s0718-22442005000100002>
- Marambio, J., Rodríguez, J. P., Rosenfeld, S., Méndez, F., Ojeda, J., Ocaranza, P., Bischof, K., & Mansilla, A. (2023). New ecophysiological perspectives on the kelp *Macrocystis pyrifera*: generating a basis for sustainability in the sub-Antarctic region. *Frontiers In Marine Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1222178>
- Meier, W.J., Griesinger, J., Hochreuther, P., & Braun, M.H. (2018). An Updated Multi-Temporal Glacier Inventory for the Patagonian Andes With Changes Between the Little Ice Age and 2016. *Frontiers In Earth Science*, 6. <https://doi.org/10.3389/feart.2018.00062>
- Millán, S., Sánchez-Jardón, L., & Alvarado, C. (2020). Los cactus más australes de Chile: revisión de iniciativas de conservación local. *Aysenología*, 9, 45–56. https://www.aysenologia.cl/files/ugd/373948_ca000d56509c497ab3257f0d1c780a09.pdf?index=true
- Miller, R.J., Lafferty, K. D., Lamy, T., Kui, L., Rassweiler, A., & Reed, D.C. (2018). Giant kelp, *Macrocystis pyrifera*, increases faunal diversity through physical engineering. *Proceedings of the Royal Society B Biological Sciences*, 285(1874), 20172571. <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.2571>

- Minowa, M., Schaefer, M., Sugiyama, S., Sakakibara, D., & Skvarca, P. (2021). Frontal ablation and mass loss of the Patagonian icefields. *Earth And Planetary Science Letters*, 561, 116811. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2021.116811>
- Misund, O.A., Aksnes, D.W., Christiansen, H.H. & Arlov, T.B. (2017) A Norwegian pillar in Svalbard: the development of the University Centre in Svalbard (UNIS), *Polar Record*, 53(3), 233–244. <https://doi.org/10.1017/S0032247417000018>
- Moffat, C., Tapia, F.J., Nittrouer, C.A., Hallet, B., Bown, F., Love, K.B., & Iturra, C. (2018). Seasonal Evolution of Ocean Heat Supply and Freshwater Discharge From a Rapidly Retreating Tidewater Glacier: Jorge Montt, Patagonia. *Journal Of Geophysical Research Oceans*, 123(6), 4200–4223. <https://doi.org/10.1002/2017jc013069>
- Molinet, C., Solari, M. E., Díaz, M., Marticorena, F., Díaz, P. A., Navarro, M., & Niklitschek, E. (2018). Fragmentos de la historia ambiental del sistema de fiordos y canales nor-patagónicos, sur de Chile: Dos siglos de explotación. *Magallania*, 46(2), 107–128. <https://doi.org/10.4067/s0718-22442018000200107>
- Mora-Soto, A., Aguirre, C., Iriarte, J.L., Palacios, M., Macaya, E.C., & Macias-Fauria, M. (2022). A Song of Wind and Ice: Increased Frequency of Marine Cold-Spells in Southwestern Patagonia and Their Possible Effects on Giant Kelp Forests. *Journal Of Geophysical Research Oceans*, 127(6). <https://doi.org/10.1029/2021jc017801>
- Mora-Soto, A., Capsey, A., Friedlander, A. M., Palacios, M., Brewin, P.E., Golding, N., Dayton, P., Van Tussenbroek, B., Montiel, A., Goodell, W., Velasco-Charpentier, C., Hart, T., Macaya, E.C., Pérez-Matus, A., & Macias-Fauria, M. (2021). One of the least disturbed marine coastal ecosystems on Earth: Spatial and temporal persistence of Darwin's sub-Antarctic giant kelp forests. *Journal Of Biogeography*, 48(10), 2562–2577. <https://doi.org/10.1111/jbi.14221>
- Morales-Hidalgo, D., Oswalt, S. N., & Somanathan, E. (2015). Status and trends in global primary forest, protected areas, and areas designated for conservation of biodiversity from the Global Forest Resources Assessment 2015. *Forest Ecology And Management*, 352, 68–77. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.06.011>
- Morello, F., Stern, C., & San Román, M. (2015). Obsidiana verde en Tierra del Fuego y Patagonia: caracterización, distribución y problemáticas culturales a lo largo del Holoceno. *Intersecciones en Antropología*, 16(1), 139–153. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179546078012>
- Morello, F., Torres, J., Martínez, I., Rodríguez, K., Arroyo-Kalin, M., French, C., Sierpe, V., &

- Román, M.S. (2012). Arqueología de la Punta Santa Ana: reconstrucción de secuencias de ocupación de cazadores-recolectores marinos del Estrecho de Magallanes, Patagonia Austral, Chile. *Magallania*, 40(2), 129-149. <https://doi.org/10.4067/s0718-22442012000200008>
- Moreno, P., Villa-Martínez, R., Cárdenas, M., & Sagredo, E. (2012). Deglacial changes of the southern margin of the southern westerly winds revealed by terrestrial records from SW Patagonia (52°S). *Quaternary Science Reviews*, 41, 1-21. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2012.02.002>
- Norambuena, H. (2023). Ficha inicial de antecedentes de especie: *Calidris fuscicollis*. En *Clasificación de Especies Ministerio del Medio Ambiente*. https://clasificacionespecies.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2023/03/Calidris_fuscicollis_19RCE_INICIAL.pdf
- Orquera, L. A., & Piana, E. L. (2006). El poblamiento inicial del área litoral sudamericana sudoccidental. *Magallania*, 34(2). <https://doi.org/10.4067/s0718-22442006000200003>
- Paskoff, R. 2010. Geomorfología costera. Geología Marina de Chile. Comité Oceanográfico Nacional de Chile - Pontificia Universidad Católica de Valparaíso - Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile, 115 pp.
- Perez-Quezada, J.F., Moncada, M., Barrales, P., Urrutia-Jalabert, R., Pfeiffer, M., Herrera, A. F., & Sagardía, R. (2023). How much carbon is stored in the terrestrial ecosystems of the Chilean Patagonia? *Austral Ecology*, 48(5), 893-903. <https://doi.org/10.1111/aec.13331>
- Pisano, E. (1986). La estepa patagónica como recurso pastoril en Aysén y Magallanes. *Ambiente y Desarrollo*, 1(2), 45-59.
- Pollier, C.G.L., Guerrero, A.N., Rabassa, J., & Ariztegui, D. (2024). The hidden biotic face of microbialite morphogenesis – a case study from Laguna de Los Cisnes, southernmost Patagonia (Chile). *Sedimentology*, 71(5), 1615-1638. <https://doi.org/10.1111/sed.13189>
- Puente, M. (1986). La «dalca» de Chiloé. Su influencia en la exploración austral. Contribución a su estudio. *Revista de Historia Naval*, 15, 19-44. https://bibliotecavirtual.defensa.gob.es/BVMDefensa/es/catalogo_imagenes/grupo.do?path=328572
- Quilodrán, C.S., Sandvig, E.M., Aguirre, F., de Aguilar, J.R., Barroso, O., Vásquez, R.A., &

- Rozzi, R. (2022). The extreme rainfall gradient of the Cape Horn Biosphere Reserve and its impact on forest bird richness. *Biodiversity and Conservation*, 31(2), 613–627.
- Quintanilla, V. (2009). Localización más oriental en Chile de *Pilgerodendron uviferum* (D. Don) Florin, la conífera más austral del mundo. Antecedentes fitogeográficos. *Geographicalia*, 55, 27–43. https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.200955799
- Quiroga, D. (2019). Crafting nature: the Galapagos and the making and unmaking of a "natural laboratory". *Journal of Political Ecology*, 16(1): 123–140. <https://doi.org/10.2458/v16i1.21695>
- Radic-Schilling, S., Corti, P., Muñoz-Arriagada, R., Butorovic, N., & Sánchez-Jardón, L. (2021). Ecosistemas de estepa en la Patagonia chilena: distribución, clima, biodiversidad y amenazas para su manejo sostenible. *Conservación en la Patagonia chilena: Evaluación del conocimiento, oportunidades y desafíos*, p. 223–255. Santiago, Chile: Ediciones Universidad Católica.
- Reid, B., Roine, A.A., Madriz, I., Correa, C., & Contador, T. (2023). A Conservation Assessment of Freshwater Ecosystems in Southwestern Patagonia. En Castilla, J.C., Armesto Zamudio, J.J., Martínez-Harms, M.J., Tecklin, D. (Eds.) *Conservation in Chilean Patagonia* (pp 357–392). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-39408-9_14
- Reguero, M.A., Gelfo, J.N., López, G.M., Bond, M., Abello, A., Santillana, S.N., & Marensi, S.A. (2014). Final Gondwana breakup: The Paleogene South American native ungulates and the demise of the South America–Antarctica land connection. *Global And Planetary Change*, 123, 400–413. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2014.07.016>
- Regúnaga, M.A. (2019). La voz pasiva en yagán. *Forma y Función*, 32(2), 255–297. <https://doi.org/10.15446/fyf.v32n2.80823>
- Rignot, E., Rivera, A., & Casassa, G. (2003). Contribution of the Patagonia Icefields of South America to Sea Level Rise. *Science*, 302(5644), 434–437. <https://doi.org/10.1126/science.1087393>
- Rivera, A., Aravena, J.C., Urra, A., Reid, B. (2023). Chilean Patagonian Glaciers and Environmental Change. En Castilla, J.C., Armesto Zamudio, J.J., Martínez-Harms, M.J., Tecklin, D. (eds) *Conservation in Chilean Patagonia* (pp 393–407). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-39408-9_15

- Rivera, A. (2018). Glaciar Pío XI: La excepción a la tendencia de desglaciación en Patagonia. *Revista Geográfica de Chile Terra Australis*, 54(1), 1-12. <https://doi.org/10.23854/07199562.2018541rivera1>
- Roig-Juñent, S.A., Griotti, M., Domínguez, M.C., Agrain, F.A., Campos-Soldini, P., Carrara, R., Cheli, G., Fernández-Campón, F., Flores, G.E., Katinas, L., Muzón, J.R., Neita-Moreno, J.C., Pessacq, P., Blas, G.S., Scheibler, E.E., & Crisci, J.V. (2018). The Patagonian Steppe biogeographic province: Andean region or South American transition zone? *Zoologica Scripta*, 47(6), 623-629. <https://doi.org/10.1111/zsc.12305>
- Rojas, P., Núñez, D., González, M., Poblete, F., Jara, R., & Contreras, P. (2020). *Tejuelería en la región de Aysén: Informe de actualización de investigación participativa*. Universidad Austral de Chile. https://www.sigpa.cl/media/upload/docs/INFORME_FINAL_SL_Tejueleria_Aysen_publica_-_final.pdf
- Rozzi, R., Rosenfeld, S., Armesto, J.J., Mansilla, A., Núñez-Ávila, M., & Massardo, F. (2023). Ecological Connections Across the Marine-Terrestrial Interface in Chilean Patagonia. En Castilla, J.C., Armesto Zamudio, J.J., Martínez-Harms, M.J., Tecklin, D. (eds) *Conservation in Chilean Patagonia* (pp. 323-354). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-39408-9_13
- Rozzi, R. (2018). Cabo de Hornos: Un crisol biogeográfico en la cumbre austral de América. *Magallania*, 46(1), 79-101. <https://doi.org/10.4067/s0718-22442018000100079>
- Rozzi, R., Armesto, J.J., Gutiérrez, J.R., Massardo, F., Likens, G.E., Anderson, C.B., Poole, A., Moses, K.P., Hargrove, E., Mansilla, A.O., Kennedy, J.H., Willson, M., Jax, K., Jones, C. G., Callicott, J.B., & Arroyo, M.T.K. (2012). Integrating Ecology and Environmental Ethics: Earth Stewardship in the Southern End of the Americas. *BioScience*, 62(3), 226-236. <https://doi.org/10.1525/bio.2012.62.3.4>
- Rozzi, R., Massardo, F., Anderson, C.B., Heidinger, K., Silander, J.A. (2006) Ten principles for biocultural conservation at the southern tip of the Americas: The approach of the Omora Ethnobotanical Park. *Ecology and Society*, 11(1):43-70. <https://www.jstor.org/stable/26267796>
- Rozzi, R., Massardo, F., Mansilla, A., Anderson, C.B., Berghöfer, A., Mansilla, M., ... Barros, E. (2007). La Reserva de Biosfera Cabo de Hornos: Un Desafío para la Conservación de la Biodiversidad e Implementación del Desarrollo Sustentable en el Extremo Austral de América. *Anales del Instituto de la Patagonia*, 35(1), 55-70. <https://www.analesdelinstitutodelapatagonia.cl/index.php/analespatagonia/arti>

[cle/view/387](#)

- Saatchi, S.S., Harris, N.L., Brown, S., Lefsky, M., Mitchard, E.T.A., Salas, W., Zutta, B.R., Buermann, W., Lewis, S. L., Hagen, S., Petrova, S., White, L., Silman, M., & Morel, A. (2011). Benchmark map of forest carbon stocks in tropical regions across three continents. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(24), 9899–9904. <https://doi.org/10.1073/pnas.1019576108>
- Sanhueza, J.S., Gaudig, G., Krebs, M., Navarro, I. M., & Labbé, F.S. (2024). Turberas y cosecha de Sphagnum en la región de Aysén, Chile. *Ciencia & Investigación Forestal*, 43–63. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2024.606>
- Santana, A., & Butorovic, N. (2010). Resumen meteorológico año 2009 estación «Jorge C. Schythe»: (53°08' S ; 70°53'W ; 6 m s.n.m). *Anales del Instituto de la Patagonia*, 38(1). <https://doi.org/10.4067/s0718-686x2010000100015>
- Santiago, F., & Oria, J. (2007). Lo que el viento no se llevó: Análisis de sitios de superficie en la Estepa Fueguina. *Magallania*, 35(2), 121–131. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-22442007000200009&script=sci_arttext&tlng=pt
- Simi, E., Moreno, P.I., Villa-Martínez, R., Vilanova, I., & De Pol-Holz, R. (2017). Climate change and resilience of deciduous Nothofagus forests in central-east Chilean Patagonia over the last 3200 years. *Journal of Quaternary Science*, 32(6), 845–856. <https://doi.org/10.1002/jqs.2948>
- Solari, M. (2015). The unexplored geobiological heritage of Chile: key to understand the past and future. *XIV Congreso Geológico Chileno*, 3, 388–391. <https://repositorio.sernageomin.cl/handle/0104/22746>
- Solís, C., Becerra, J., Flores, C., Robledo, J., & Silva, M. (2004). Antibacterial and antifungal terpenes from Pilgerodendron uviferum (D. Don) Florin. *Journal Of The Chilean Chemical Society*, 49(2). <https://doi.org/10.4067/s0717-97072004000200010>
- SUBPESCA. (2003). *Informe técnico Declaración de Área Marina y Costera Protegida Francisco Coloane. Estrecho de Magallanes, Región de Magallanes y Antártica Chilena* https://www.curriculumnacional.cl/estudiante/621/articles-260953_recurso_01.pdf
- Urbina, M.X. (2010). La navegación por los canales australes en la Patagonia

- occidental insular en los siglos coloniales: La ruta del Istmo de Ofqui. *Magallania*, 38(2), 41-67. <https://doi.org/10.4067/s0718-22442010000200003>
- Vargas, C.A., Cuevas, L.A., Silva, N., González, H.E., De Pol-Holz, R., & Narváez, D. A. (2017). Influence of Glacier Melting and River Discharges on the Nutrient Distribution and DIC Recycling in the Southern Chilean Patagonia. *Journal Of Geophysical Research Biogeosciences*, 123(1), 256-270. <https://doi.org/10.1002/2017jg003907>
- Vásquez, V., & Avellaneda, J. (2007). Arquitectura vernácula en maderas nativas de autoconstrucción sostenible en situación de borde mar: Caleta Tortel, Patagonia de Chile. En A. M. Aranda, *Arquitectura vernácula en el mundo ibérico: actas del congreso internacional sobre arquitectura vernácula* (pp. 233-242). https://www.upo.es/area-historia-arte/wp-content/uploads/2019/04/Virginia_Vazquez_y_Jaume_Avellaneda_Arquitectura_vernacula_en_maderas_nativas_de_autoconstruccion_sostenible_en_situacion_de_Borde_Mar_Caleta_Tortel_Patagonia_de_Chile.pdf
- Veblen, T.T., & Lorenz, D.C. (1988). Recent Vegetation Changes along the Forest/Steppe Ecotone of Northern Patagonia. *Annals of the Association of American Geographers*, 78(1), 93-111. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1988.tb00193.x>
- Vera, A., Zuñiga-Reinoso, & Muñoz-Escobar, C. (2012). Perspectiva histórica sobre la distribución de *Andipera Willinki* "Dragón de la Patagonia" (Plecoptera: Gripopterygidae). *Revista Chilena de Entomología*, 37, 87-93. https://www.insectachile.cl/rchen/pdfs/2012v37/Vera_et_al_2012.pdf
- Watson, J.E.M., Evans, T., Venter, O., Williams, B., Tulloch, A., Stewart, C., Thompson, I., Ray, J.C., et al. (2018). The exceptional value of intact forest ecosystems. *Nature Ecology & Evolution*, 2(4), 599-610. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0490-x>
- Yu, Z., Beilman, D. W., Froking, S., MacDonald, G.M., Roulet, N.T., Camill, P., & Charman, D. J. (2011). Peatlands and Their Role in the Global Carbon Cycle. *Earth and Oceanographic Science Faculty Work*, 92(12), 97-98. <https://doi.org/10.1029/2011eo120001>
- Zemp, M., Huss, M., Thibert, E., Eckert, N., McNabb, R., Huber, J., Barandun, M., Machguth, H., Nussbaumer, S.U., Gärtner-Roer, I., Thomson, L., Paul, F., Maussion, F., Kutuzov, S., & Cogley, J.G. (2019). Global glacier mass changes and their contributions to sea-level rise from 1961 to 2016. *Nature*, 568(7752), 382-386. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1071-0>

Anexo I.

Identificación participativa de singularidades en el Laboratorio Natural Subantártico

Diferentes actores del ecosistema CTCI de la macrozona austral señalaron singularidades mediante una consulta participativa realizada entre septiembre y noviembre del año 2024. Varias de las singularidades mencionadas se encuentran citadas en literatura y han sido incorporadas en este trabajo. A la vez, se han recepcionado algunas características inéditas o escasamente abordadas por la ciencia.

Las tablas 1 a 4 resumen la información recabada de manera participativa, es decir, singularidades y lugares donde estas se manifiestan. En la mayoría de los casos, se ha agregado referencia bibliográfica que aborda total o parcialmente la singularidad.

Tabla 1. Singularidades de los bosques y turberas más australes, identificadas por actores CTCI entre septiembre y noviembre de 2024.

SINGULARIDAD	LUGAR	BIBLIOGRAFÍA
Enorme red hídrica que integra arroyos, lagos y ríos de importantes caudales	Cuenca del Río Cisnes, cuenca del Río Aysén, cuenca del Lago General Carrera	Reid et al. (2023)
Turberas prístinas de musgo <i>Sphagnum</i>	Puerto Aysén, Cochrane, Villa O'Higgins	Iturraspe (2016), Sanhueza et al. (2024)
Arroyos patagónicos son hotspot de descomposición de hojarasca	Coyhaique Alto, Lago General Carrera	-
Bosques poco intervenidos	Cuencas de bosques intactos de Patagonia	Astorga et al. (2021)
Ríos con presencia de entomofauna muy antigua, relacionada con grupos de	Río San Pedro (Península de Brunswick)	-

Australia		
Inédito bosque relictivo de leñadura (<i>Maytenus magellanica</i>) puro	Puerto Yartou (Tierra del Fuego)	-
Turberas como importantes sumideros de carbono	Tierra del Fuego	Hoyos-Santillán et al. (2019); Mansilla et al. (2023); Saatchi et al. (2011)
Bosques más australes del planeta	<i>Canales patagónicos</i>	Armesto et al. (2009); Rozzi et al. (2007)
Hotspot de biodiversidad de flora no vascular	Parque Etnobotánico Omora	Rozzi et al. (2007)
Grandes extensiones de turberas de musgo <i>Sphagnum</i>	Isla Navarino	Rozzi et al. (2007)

Tabla 2. Singularidades de los glaciares andino-patagónicos, identificadas por actores CTCL entre septiembre y noviembre de 2024.

SINGULARIDAD	LUGAR	BIBLIOGRAFÍA
Gran cantidad glaciares, Campos de Hielo y circos glaciares	CHP Norte, CHP Sur, CH Gran Campo Nevado y CH Cordillera de Darwin	Barcaza et al. (2017)
Historia evolutiva y recursos genéticos	Isla Riesco	Hebel et al. (2018, 2021)
Los depósitos glaciares constituyen registros geológicos de fenómenos climáticos planetarios, como los Vientos del Oeste	Cuenca del Lago General Carrera	Bendle et al. (2019)

Tabla 3. Singularidades de la estepa patagónica, identificadas por actores CTCI entre septiembre y noviembre de 2024.

SINGULARIDAD	LUGAR	BIBLIOGRAFÍA
Plantas medicinales con metabolitos secundarios aún desconocidos	Puerto Ibáñez	Proyectos FIC Aysén “Los bosques nativos de Aysén: cambio climático y compuestos bioactivos” y “Aysén: fuente de nuevos medicamentos para el cáncer”.
Hierbas medicinales de importancia cultural (pueblos originarios), utilizadas en programas de salud interculturales	Sectores urbanos y periurbanos de Puerto Natales, Punta Arenas Y Porvenir	Domínguez (2024)
¿Futuro hábitat del <i>Leopardus geoffroyi</i> y el <i>Puma concolor</i> ?	Parque Nacional Pali Aike	-
Alta diversidad de especies por metro cuadrado	Parque Nacional Pali Aike, Bahía Lomas	Domínguez et al. (2004); Espoz et al. (2022)
Especies faunísticas en el límite austral de su distribución	Río Chico/Ciake y Parque Nacional Pali Aike	-
Características edafo-climáticas únicas en comparación a otras estepas del mundo	Sector norte de Tierra del Fuego	-
Estromatolitos más australes, fuera de Antártica	Laguna de los Cisnes, Tierra del Fuego	Pollier et al. (2024)

Tabla 4. Singularidades de los fiordos y canales patagónicos, identificadas por actores CTCL entre septiembre y noviembre de 2024.

SINGULARIDAD	LUGAR	BIBLIOGRAFÍA
Debido a su latitud, único laboratorio subantártico del planeta que permite contrastar cambios globales con el hemisferio norte	AMCP-MU Francisco Coloane, Isla Contramaestre (Tierra del Fuego) e Islas Tucker	-
Áreas de alimentación de ballenas jorobadas	AMCP Francisco Coloane, Canal Beagle y Cabo de Hornos	Acevedo et al. (2006)
Biodiversidad de organismos acuáticos	Fiordo Aysén	-
Sumideros de carbono	Estrecho de Magallanes y Canal beagle	González et al. (2010) Iriarte et al. (2010)
Biodiversidad adaptada a periodos glaciares e interglaciares.	Estrecho de Magallanes y Canal Beagle	-
Algunas de las loberas de lobo marino común más australes del planeta	AMCP Francisco Coloane	Venegas et al. (2002)
Sinnúmero de áreas inexploradas, con sitios de interés paleontológico, arqueológico, biológico y ecológico que no han sido investigados	Eje Taitao-Ofqui-Katalalixar	-
Fiordos con un alto grado de aislamiento, confiriendo a la pesca artesanal características culturales únicas	Sur de Caleta Puerto Aguirre, Fiordo Puyuhuapi	-

Territorio habitado desde el inicio del Holoceno a la fecha	Archipiélago patagónico y fueguino	Morello et al. (2012, 2015); Orquera & Piana (2006)
Bosques de kelp más resilientes del planeta, altamente arraigados en el patrimonio etnocultural de la Patagonia	Sur de la región de Magallanes, Seno Almirantazgo e Islas Carlos III	Ojeda et al. (2018)
Zonas de interacción entre glaciares y ecosistemas costeros con características y biodiversidad únicas	-	-
Organismos acuáticos con perfiles nutricionales únicos	-	-

Anexo II.

Identificación participativa de parámetros críticos en el Laboratorio Natural Subantártico

Varias amenazas y elementos/características naturales bajo amenaza se han identificado de manera participativa por diferentes actores del ecosistema CTCI de la macrozona austral (consulta participativa realizada entre septiembre y noviembre del año 2024). Los resultados se muestran en la Tablas 5 a 8.

Tabla 5. Amenazas que afectan las singularidades de los bosques y turberas más australes, identificadas por actores CTCI entre septiembre y noviembre 2024.

AMENAZA
Drenaje
Cosecha/extracción de musgo <i>Sphagnum</i>
Pastoreo
Cambio climático
Contaminación de agua dulce
Destrucción/interrupción de acuíferos
Introducción de especies invasoras
Minería
Incendios forestales
Turismo masivo
Castor
Ramoneo
Pastoreo
Cambio climático
Contaminación atmosférica

Extractivismo
Relocalización de especies
Camping ilegal
Vertimiento de desechos
Cambio climático
Contaminación agua dulce
Introducción de especies exóticas
Salmonicultura
Extracción de áridos
Sequías
Inundaciones

Tabla 6. Amenazas que afectan las singularidades de los glaciares andino-patagónicos, identificadas por actores CTCl entre septiembre y noviembre 2024.

AMENAZA
Cambio climático
Salmonicultura
Minería del carbón y otras actividades económicas
Privatización de la tierra
Turismo (masivo y de élite)
Proyectos energéticos extractivistas

Tabla 7. Amenazas que afectan las singularidades de la estepa patagónica, identificadas por actores CTCl entre septiembre y noviembre 2024.

AMENAZA

Ganadería extensiva
Industria del hidrógeno verde
Caza furtiva
Contaminación / Contaminación atmosférica
Desertificación
Turismo no regulado
Cambio climático

Tabla 8. Amenazas que afectan las singularidades de los fiordos y canales patagónicos, identificadas por actores CTCl entre septiembre y noviembre 2024.

AMENAZA
Asentamientos humanos
Industrialización de la costa (industria hidrógeno verde) / expansión industrial / instalación de plantas desaladoras y puertos
Navegación de buques de cabotaje / aumento del transporte marítimo / tráfico marítimo
Eventos de tormenta
Afloramiento de nutrientes
Erosión
Introducción de especies exóticas
Contaminación / contaminación acústica / contaminación química
Turismo desbordado
Cambio climático
Floraciones algales nocivas
Freshening (disminución de la salinidad en los océanos)

Intervenciones antrópicas
Calentamiento del océano
Salmonicultura /acuicultura intensiva /introducción de especies exóticas / enfermedades asociadas a la acuicultura
Sobrepesca /pesca ilegal
Basura



Descubre la patagonia chilena junto a
LaboratorioNaturalSubantártico

www.nodosubantartico.cl

INSTITUCIONES ASOCIADAS:



UMAG
Universidad de Magallanes



FINANCIA:

