

Instituto Antártico Chileno

Ministerio de Relaciones Exteriores

Un viaje por
el corazón blanco
de la Tierra

**Enciclopedia
visual de la
Antártica**



Enciclopedia visual de la Antártica

Un viaje por
el corazón blanco
de la Tierra



www.inach.cl

NEGROEDITORES

INSTITUTO ANTÁRTICO CHILENO

Ministerio de Relaciones Exteriores
Gobierno de Chile

Marcelo Leppe

Director

Plaza Muñoz Gamero 1055
Punta Arenas - Chile
Fono: 56-61-2298100

email: inach@inach.cl
twitter: [@inach_gob](https://twitter.com/inach_gob)
facebook.com/inach.gob/
www.inach.cl

Enciclopedia visual de la Antártica

© INACH

© Negro editores

Consejo editorial

Marcelo Leppe
Andrés López
Andrea Peña
Marcelo González
Elías Barticevic
Geraldine Asencio

Investigación y redacción

Miguelángel Sánchez
Michelle Ferrer

Dirección de arte

Patricio Arellano
Luis Rojas
Pablo Ruiz

Diseño

negro.cl

Asesores científicos

César Cárdenas
Marcelo González
Lorena Rebolledo
Pamela Santibáñez

Colaboradores

Harry Díaz
Mathias Hüne
Camila Buvinic
René Quinán
Paulina Rojas
Pablo Ruiz
Ignacio Vidaurrázaga
Gustavo Zúñiga

Ilustraciones

Manuela Montero
Harol Bustos
Catalina Barrientos

Fotografía

Archivo INACH
F. Trueba / EFE
René Quinán
Harry Díaz
Cristóbal Marambio
istockphoto.com

Corrección de textos

Norinna Carapelle

Impresión

Ograma

ISBN: 978-956-7046-21-8

2ª edición, diciembre de 2021
Punta Arenas

Imagen de portada:
Glaciar Collins, isla Rey Jorge.
Foto: Felipe Trueba.



PARA SABER MÁS

- Hemos incluido una serie de códigos QR que al ser leídos por la cámara de un smartphone o tablet te darán acceso a recursos on-line e información complementaria sobre algunos temas.

Bien puede entenderse este libro como un testimonio y reconocimiento al trabajo de investigadoras e investigadores nacionales y extranjeros que han contribuido a ampliar las fronteras del conocimiento de una región excepcional de nuestro planeta. Nuestra gratitud también a quienes han hecho posible las numerosas expediciones que han llegado al Continente Blanco y quienes han trabajado por hacer de la Antártica un lugar dedicado a la paz y la ciencia en un marco de entendimiento y colaboración.

Índice



Historia natural de un continente

- | | |
|----|---|
| 18 | Pangea y Gondwana |
| 20 | Ecos de la Antártica verde |
| 22 | Un bosque antártico en Magallanes |
| 24 | Cerro Guido, un arca de descubrimientos para la paleontología austral |
| 26 | Mamíferos de la Patagonia prehistórica |
| 28 | El fin de la Antártica cálida |
| 30 | El océano Austral |
| 32 | Áreas marinas protegidas |
| 34 | El congelador del mundo |
| 36 | La criósfera |
| 38 | Historia de la glaciación |
| 40 | Hielo |
| 42 | Lagos subglaciares |
| 44 | Testigos de hielo y sedimento |
| 46 | La historia en el hielo |
| 48 | Mirando al cosmos desde el sur |
| 50 | Teleconexiones |
| 54 | Albedo. El espejo del mundo |
| 56 | Una atmósfera frágil |
| 58 | ¿Cómo se forman los vientos catabáticos? |
| 60 | ¿Qué es el cambio climático? |
| 64 | Olas de calor |
| 66 | La Antártica se derrite |

Vida en el frío

- | | |
|-----|--------------------------------------|
| 70 | Diversidad biológica |
| 72 | Adaptaciones de las especies al frío |
| 74 | Gigantismo y enanismo |
| 76 | Bacterias y microorganismos |
| 78 | Parásitos |
| 80 | Líquenes, musgos, algas y hongos |
| 82 | Vida de las plantas superiores |
| 86 | Colonos inesperados en el continente |
| 88 | Productividad en el océano Austral |
| 90 | El kril, una pieza clave |
| 92 | Comer y ser comido |
| 94 | Peces |
| 96 | Los acuarios gemelos |
| 98 | Aves |
| 106 | Mamíferos |



Chile y Antártica: hitos de una historia común

- 116 El continente opuesto
- 118 Chile-Antártica: línea de tiempo
- 122 Primeros acercamientos
- 124 Tierra a la vista
- 125 La era de las exploraciones
- 126 Caza y explotación de los recursos antárticos
- 128 La carrera hacia el fin del mundo
- 129 La exploración chilena del continente
- 130 La odisea del *Endurance*
- 131 Luis Pardo. El rescate en la *Yelcho*
- 134 La institucionalidad antártica nacional
- 136 Bases antárticas chilenas
- 138 Bases para un mundo helado
- 140 Nuevas bases para la ciencia: Yelcho y Carvajal
- 142 El INACH. Asumiendo la vocación antártica de Chile
- 144 Programa Nacional de Ciencia Antártica
- 146 Mujeres en ciencia antártica
- 148 Nuevas investigaciones
- 152 Tecnologías antárticas
- 156 ¿Cómo medir el cambio climático en la Antártica?
- 158 80 preguntas para el futuro
- 162 Educación polar
- 164 Los misterios bajo el manto blanco
- 166 Cultura antártica
- 170 ¿Por qué se dice que Punta Arenas es una ciudad antártica?
- 176 CAI. Consolidando el polo de desarrollo antártico en Chile



Antártica: un ejemplo de colaboración internacional y protección del medioambiente

- 184 El Tratado Antártico
- 188 Los desechos y su manejo
- 190 ¿Cuáles son los principales contaminantes en la Antártica?
- 194 Hacia el impacto cero



«Antártica, corona austral, racimo
de lámparas heladas, cineraria
de hielo desprendida
de la piel terrenal, iglesia rota
por la pureza, nave desbocada
sobre la catedral de la blancura,
inmoladero de quebrados vidrios,
huracán estrellado en las paredes
de la nieve nocturna».

Pablo Neruda, *Antártica*





Introducción



FOTO: T. DUPRADOU

El 6 de noviembre de 1940, cuando el Presidente Pedro Aguirre Cerda firma, junto a su canciller Marcial Mora, el decreto que fija los límites del Territorio Chileno Antártico, la visión que se tenía de la Antártica era muy distinta de la que se tiene hoy. En ese entonces prevalecía la idea de un continente congelado en el tiempo y en el espacio, una suerte de joya que se poseía, pero que no nos afectaba mayormente ni nosotros la afectábamos a ella.

Hoy es considerada uno de los más relevantes laboratorios naturales del mundo. La Antártica y el océano Austral tienen un papel fundamental en la regulación de procesos como el clima y la absorción de dióxido de carbono, y la investigación en la Antártica es crucial para comprender fenómenos ya no solo de alcance local.

Recientemente, la comunidad científica chilena, en línea con las tendencias internacionales, advierte del peligro del cambio climático “amplificado” en altas latitudes como la Antártica y parte importante de los continentes australes. Los últimos veranos antárticos serán recordados como los más cálidos de la historia, con varios registros de olas de calor a lo largo de la península Antártica, donde se registraron extensos derretimientos asociados al calentamiento de la superficie. El Programa Antártico Chileno ha logrado demostrar que una serie de cambios en cascada han tenido insospechadas consecuencias sobre las actividades productivas de nuestro país.

En efecto, nuestro programa ha logrado demostrar que durante los veranos de 2020 y 2021, la instalación de sistemas de altas presiones sobre la península Antártica provocó el desplazamiento de sistemas frontales hacia la zona central de Chile con inusitadas precipitaciones e inundaciones, gracias a una configuración atmosférica conocida como anticiclón de bloqueo. Este grado de dependencia nos ha llevado a tomar la decisión de innovar para “sensorizar” la Antártica en tiempo real, en una red de estaciones multiparamétricas conectadas al Observatorio de Cambio Climático, que ofrecerá al mundo los datos para entender de mejor manera el potente efecto de Antártica sobre el clima mundial.

Hemos llevado al planeta a presiones que nunca antes había soportado en términos de poblamiento y de obtención de recursos para la subsistencia de sus miles de millones de habitantes. Esta misma forma de producción ha tenido como resultado un impacto innegable en el clima, y la crisis que estamos viviendo no tiene más responsables que nosotros mismos. La ciencia nos ha permitido comprender el alcance de la profunda huella humana en el Continente Blanco, pero hoy nos ofrece, además, la oportunidad de encontrar soluciones, o bien, caminos para mitigar dicha huella.

Desde la Antártica podemos entregar un mensaje de paz y fraternidad, pero también tenemos la ineludible responsabilidad de hacer nuestro mejor esfuerzo para entender las claves de un mundo en cambio. Este libro, una nueva edición, revisada y complementada, de nuestra Enciclopedia visual de la Antártica, es un paso en esa dirección para que todas y todos seamos parte de este desafío y de esta pasión.

Dr. Marcelo Leppe Cartes
Director INACH
Ministerio de Relaciones Exteriores

En promedio, la Antártica es el continente más alto

2.300^{msnm}

La mayor altura del continente es la cúspide del macizo Vinson, con una elevación de 4.897 msnm (4.892 desde su base), descubierta en 1957. A su vez, el volcán más alto es el monte Sidley, que alcanza 4.286 msnm.

Antártica es el continente más árido del planeta.

Con un promedio de 166 mm de precipitaciones al año.

+300^{km/h}

es la velocidad que pueden alcanzar los vientos catabáticos.



El lago más salado

El lago Don Juan, un pequeño y poco profundo charco al noreste del continente, tiene un nivel de salinidad superior al 40 ‰, lo cual hace que se mantenga líquido a temperaturas de $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante el año.

$-93\text{ }^{\circ}\text{C}$

En 2013, investigadores de Estados Unidos informaron el registro en agosto de 2010 de la temperatura más baja, en base a datos satelitales: $-93\text{ }^{\circ}\text{C}$, en el domo Argus, en la parte más elevada de la meseta antártica.

El primer chileno nacido en la Antártica fue Juan Pablo Camacho Martino, el 21 de noviembre de 1984, en Villa Las Estrellas.





«Este es un libro para quienes aún creen en la luz. No en la del Sol o de la Luna; más bien en el resplandor de una estrella que nos mira desde la inmensidad del Sur».

Antártica, sueños del ayer y del mañana
Óscar Pinochet de la Barra*

* Abogado, diplomático y escritor. Una de las personas más importantes en el desarrollo del tema polar en Chile. Participó en la Primera Expedición Antártica Chilena en 1947.

FOTO: F. TRUEBA / EFE



18	Pangea y Gondwana
20	Ecos de la Antártica verde
22	Un bosque antártico en Magallanes
24	Cerro Guido, un arca de descubrimientos para la paleontología austral
26	Mamíferos de la Patagonia prehistórica
28	El fin de la Antártica cálida
30	El océano Austral
32	Áreas marinas protegidas
34	El congelador del mundo
36	La criósfera
38	Historia de la glaciación
40	Hielo
42	Lagos subglaciares
44	Testigos de hielo y sedimento
46	La historia en el hielo
48	Mirando al cosmos desde el sur
50	Teleconexiones
54	Albedo. El espejo del mundo
56	Una atmósfera frágil
58	¿Cómo se forman los vientos catabáticos?
60	¿Qué es el cambio climático?
64	Olas de calor
66	La Antártica se derrite

Historia natural de un continente

Pangea y Gondwana

A pesar de parecerlos tan familiares, los grandes continentes que conocemos no siempre han tenido la actual forma ni han permanecido en sus actuales posiciones.

Hace cerca de 300 millones de años, en el pasado, los continentes estaban unidos en el supercontinente Pangea, que reunía todas las masas terrestres que conocemos hoy. Cien millones de años después, a comienzos de la «era de los dinosaurios», se fragmentó en dos grandes porciones continentales.

Empujadas por los movimientos tectónicos de las placas de la corteza terrestre, el antiguo Pangea dio pie a dos megacontinentes: Laurasia en el norte y Gondwana en el sur. El nombre Gondwana fue acuñado por el geólogo austríaco Edward Suess en 1961, para el megacontinente austral conformado por los actuales África, India, Sudamérica, Australia y la Antártica. El nombre proviene de una tribu dravídica de India. Lo que siguió



300 a 200 millones de años atrás
Período Pérmico
Pangea, formado por la colisión de la mayoría de las masas terrestres, descansa rodeado del enorme océano Panthalassa.

180 millones de años atrás
Período Triásico
Pangea se separa en dos masas menores, que llamamos Laurasia en el norte y Gondwana en el sur, debido al movimiento de las placas tectónicas.

135 millones de años atrás
Período Jurásico
Los continentes siguen moviéndose y separándose, mientras nuevos océanos se forman entre ellos.

progresivamente fue el desmembramiento de Gondwana en los continentes que hoy conocemos. En la fase final se desvincularon de la Antártica.

Las últimas dos décadas de investigaciones científicas han demostrado que la península Antártica se encontraba adosada al margen suroccidental de Patagonia. Rocas de las islas Madre de Dios y Duque de York, en la provincia de Última Esperanza, y en la península Trinidad, al norte de la península Antártica, comparten la misma identidad geológica y se supone una génesis común. La existencia de dos grandes cuencas marinas en Patagonia, denominadas cuenca de Rocas Verdes y de Magallanes (o cuenca Austral), así como dos sistemas, un arco volcánico y la cuenca de Ja-

mes Ross, permitieron que un amplio registro fósil se preservara en los masivos depósitos sedimentarios, que prácticamente abarcan desde fines del Jurásico hasta el Oligoceno en ambos continentes. Gracias a esta evidencia se ha logrado establecer que la temperatura de la región austral transitó desde tropicales hasta polares, luego del establecimiento de la corriente circumpolar antártica (CCA), que aisló térmicamente al continente e impidió el intercambio de calor vía corrientes marinas con las aguas tropicales. Por este fenómeno, unido a significativas caídas en las concentraciones de CO₂, la Antártica fue abandonada por los bosques y los grandes vertebrados terrestres, comenzando su glaciación hace unos 30 Ma.



66 millones de años atrás

Período Cretácico

La mayoría de los continentes adquieren sus formas actuales, y Antártica se acerca hacia el polo sur.

El presente

Eón	Era	Período	Inicio
Fanerozoico	Cenozoico	Cuaternario	2,6
		Neógeno	23
		Paleógeno	66
	Mesozoico	Cretácico	145
		Jurásico	200
		Triásico	250
	Paleozoico	Pérmico	300
		Carbonífero	360
		Devónico	420
		Silúrico	445
Ordovícico		485	
Proterozoico	Neoproterozoico	Cámbrico	540
		Ediacariano	635
		Criogeniano	850
	Mesoproterozoico	Toniano	1.000
		Steniano	1.200
		Ectasiano	1.400
	Paleoproterozoico	Calymmiano	1.600
		Statheriano	1.800
		Orsosiriano	2.050
		Rhyaciano	2.300
Arqueano	Sidriano	2.500	
		4.000	
Hadeano			4.600

La tabla muestra de manera aproximada el inicio (en millones de años) de las grandes divisiones del tiempo geológico. En color se destaca el período ilustrado a la derecha.

Las extinciones masivas conocidas como las "big five" son las siguientes:
 Extinción Ordovícico-Silúrico: hace 443 millones de años.
 Extinción del Devónico: hace 358 millones de años.
 Extinción Pérmico-Triásico: hace 251 millones de años.
 Extinción Triásico-Jurásico: hace 201 millones de años.
 Extinción Cretácico-Paleógeno: hace 66 millones de años.

Ecós de la Antártica verde

Desde hace 250 y hasta hace 23 millones de años, el continente antártico tuvo temperaturas tan altas que permitieron la llegada, diversificación y expansión de especies vegetales que han dejado huellas en otras partes del mundo.



Improntas de hojas de *Nothofagus* de más de 80 millones de años, halladas el año 2016 por una expedición paleontológica chilena, en la isla Nelson, Antártica.

FOTO: M. LEPPE

La Antártica sirvió de corredor biológico para muchos organismos que hoy viven en regiones disjuntas. En la foto de la página siguiente se observa una *Dicksonia antarctica* en el monte Donna Buang, Australia, rodeada de nieve. En Chile es posible encontrar parientes de este helecho, como el *Dicksonia berteriana*, en el archipiélago Juan Fernández, y *Lophosoria quadripinnata*, de amplia distribución en el sur de Chile.

FOTO: S. CHOWN

Antes de la separación final de Sudamérica y el enfriamiento producido por la formación de la corriente circumpolar antártica, el clima austral fue mucho más cálido, con lo que generó las condiciones para el desarrollo de especies arbóreas como *Nothofagus*, género de plantas actualmente distribuido en Oceanía y Sudamérica. Diversas expediciones científicas, muchas de ellas organizadas por el INACH, han encontrado, en distintos sectores del continente, fósiles con impresiones de hojas, troncos y granos de polen de estos antiguos árboles.

La evidencia muestra que en la península Antártica y en las islas cercanas existieron especies vegetales exclusivas, similares a las que podemos encontrar actualmente en zonas tan alejadas como la Patagonia, Nueva Cale-

donia, Australia y Nueva Zelanda. Varias de las especies de árboles emparentadas hoy con araucarias, arrayanes, mañíos, robles y raulíes cubrían vastas regiones de la Península y sus restos fósiles suelen ser hallados en las islas Nelson, Rey Jorge, Seymour y James Ross.

Si bien las condiciones para la vida eran mejores durante este período, la ubicación de la Antártica todavía implicaba que estas especies debieron soportar largos inviernos en los que nunca salía el sol, mientras que el resto del año la luminosidad era total durante meses. Un importante número de especies arbóreas son incapaces de soportar tanto tiempo sin realizar fotosíntesis, lo cual deja planteado el enigma de cómo sobrevivían durante la larga oscuridad.

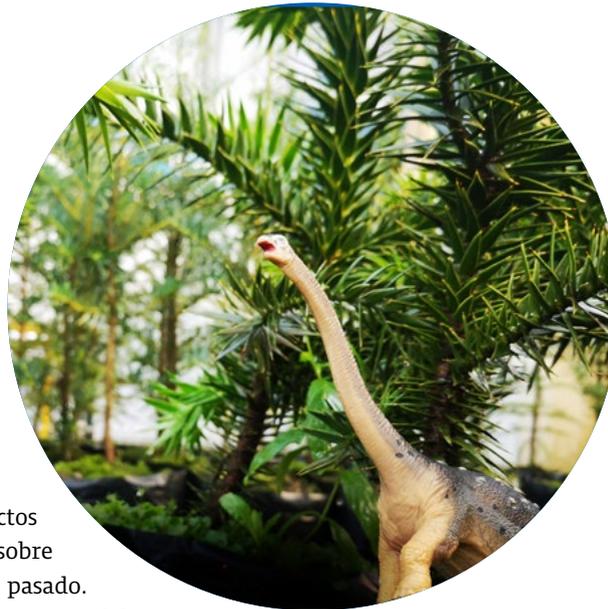
Pero hay una paradoja, pues el estudio de los anillos de crecimiento de los troncos fósiles muestra que, aparentemente, no hay diferencias significativas en la velocidad de crecimiento de los bosques antárticos y sus parientes viviendo hoy en la selva valdiviana. El cómo enfrentaban estos árboles los largos períodos sin realizar fotosíntesis y mantenían sus tasas de crecimiento sigue siendo objeto de estudio; quizás la respuesta se encuentra oculta en su ADN.

Mientras más se ha avanzado en la mirada multidisciplinaria al pasado, más y nuevas preguntas surgen. Distintas especialidades, como la biogeografía, la biología molecular, han aportado a la idea de que los exosistemas boscosos de Australia y Nueva Zelanda encontrarían sus rastros más antiguos en la Patagonia y la península Antártica.



Un bosque antártico en Magallanes

El INACH ha logrado desarrollar, junto a Conaf, un vivero antártico con especies vegetales que serán parte del bosque del Centro Antártico Internacional, que se construirá en Punta Arenas.



Bosques del pasado

El bosque antártico busca poner nuevamente en contacto a los parientes vivos más cercanos a la paleoflora que pobló la Patagonia y la península Antártica hacia el fin de la Era de los Dinosaurios. Para ello, un equipo de profesionales y técnicos se encuentra generando un ensamble de vegetación dentro de los viveros de la Corporación Nacional

Forestal (Conaf) siguiendo estrictos lineamientos paleoecológicos sobre la composición de la flora del pasado.

La idea es ofrecer a los futuros visitantes del Centro Antártico Internacional la sensación de viajar en el tiempo a una época en que Antártica era verde y poblada de vida muy diferente a la actual.

Katalapi o palmita *Blechnum magellanicum*

1,2 m

De origen nativo, se distribuye desde Maule hasta la provincia Antártica en Magallanes. Por lo general, se encuentra al interior de bosques nativos como elementos de sotobosque en lugares húmedos y sombríos, también en quebradas y a orillas de cursos de agua, ya que prefiere los suelos húmedos. Puede llegar a soportar temperaturas de -5 °C.

Palmilla o ampe *Lophosoria quadripinnata*

2 m

De origen nativo, se distribuye entre Maule y Aysén y en el archipiélago de Juan Fernández. Está emparentada con los helechos arborescentes y tiene un grueso rizoma, muy tupido. Su crecimiento exige mucha humedad dentro del bosque sombrío. Se encuentra asociada a otras plantas acuáticas, y es especialmente abundante en las regiones boscosas del sur de Chile.

Limpiaplata, hierba del platero o cola de caballo *Equisetum bogotense*

30 a 60 cm

Planta siempreverde de origen nativo, se distribuye entre Arica y Parinacota hasta Aysén. Tiene un aspecto delicado, con tallos delgados, articulados, con anillos de hojas marrones, áspera al tacto y sus cenizas se utilizaban para pulir objetos de plata, de ahí deriva su nombre común. En medicina popular, se utiliza como diurética, astringente y para el tratamiento de cálculos vesiculares y renales. En nuestro país se puede encontrar en terrenos baldíos, arcillosos, arenosos y húmedos.

Cola de caballo o limpiaplata *Equisetum giganteum*

2 a 5 m

De origen nativo, se distribuye desde Arica y Parinacota hasta Biobío. Es una de las sobrevivientes de los arcaicos equisetos, de los que apenas se registran unas 15 especies en el mundo, y gracias a su gran tamaño parece evocar una era prehistórica. Sus comunidades pueden encontrarse en ambientes acuáticos y terrestres, cerca de ríos y arroyos.

Araucaria excelsa o pino de Norfolk *Araucaria heterophylla*

30 m

Originaria de la isla Norfolk en Australia, se distribuye en Chile desde Atacama a Biobío. Su corteza es rugosa y se exfolia en escamas finas de color gris amarronado. Las ramas son muy abiertas, casi horizontales o levemente oblicuas, y están dispuestas formando pisos, por lo que también recibe el nombre de «pino de pisos», aunque no se trate de un pino.





Araucaria del monte Humboldt
Araucaria humboldtensis

15 m
Árbol de Nueva Caledonia con una copa en forma de candelabro. Corteza exfoliada en escamas cuadrangulares o en tiras finas. Hojas juveniles escamosas, triangulares. Habita en los montes Humboldt, Mou y Des Sources, en Nueva Caledonia, entre los 750-1500 m. s.n.m., en sustratos ultramáficos. Es el árbol dominante cerca de la cumbre del monte Humboldt y se encuentra en peligro de extinción.

Palma chilena
Jubaea chilensis

30 m
De origen nativo, se distribuye desde Coquimbo hasta Maule. Estas palmeras poseen raíces capaces de crecer en busca de agua hasta 20 m o más, lo que les permite resistir fuertes sequías en su edad adulta y las convierte en una de las especies de palmeras más resistentes del mundo.

Ruil
Nothofagus alessandri

30 m
El ruil es un árbol endémico de Chile, y de la cordillera de la Costa, quedando algunos parches de vegetación muy fragmentados. El ruil es un árbol en peligro de extinción, amenazado por cambios de uso del suelo y constantes incendios. El ruil es el único representante viviente en Sudamérica de la Sección *Fuscospora* del género *Nothofagus*, que exhibe otras cuatro especies en Nueva Zelanda y Tasmania.

Mañío
Podocarpus nubigenus

25 m
De origen nativo, se distribuye desde La Araucanía hasta Magallanes. Es endémica de los bosques del sur de Chile y los territorios adyacentes del suroeste de Argentina. Se distribuye principalmente en terrenos húmedos y pantanosos. Es capaz de resistir bajas temperaturas, heladas y vientos fuertes.

Lenga
Nothofagus pumilio

30 m
Planta de origen nativo, se distribuye desde Maule a Magallanes. En nuestro país se encuentra desde el nivel del mar hasta los 2.000 metros de altitud. Se adapta a ambientes rigurosos con abundantes precipitaciones, bajas temperaturas y suelos pobres.



Cerro Guido, un arca de descubrimientos para la paleontología austral



Ubicado en la provincia de Última Esperanza y a más de 1.200 m de altura, este hermoso paisaje natural ha conservado por millones de años restos de las especies que allí vivieron y que hoy vuelven a ver la luz.

Huellas de fauna y flora

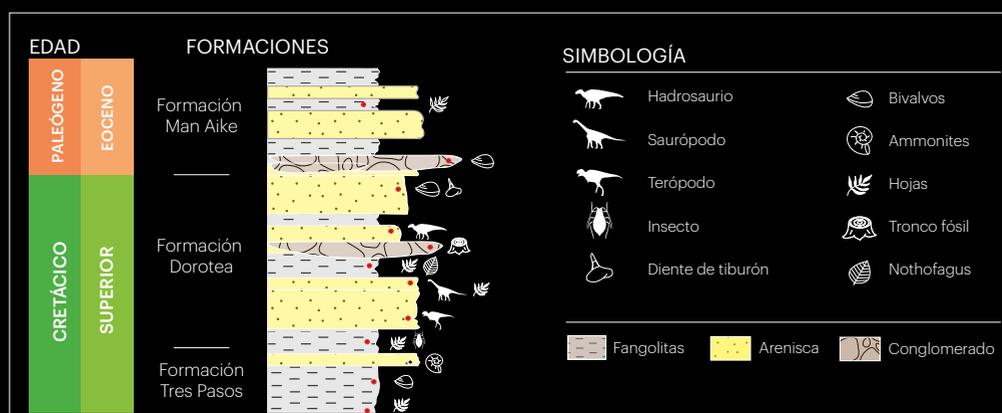
En la actualidad, Cerro Guido se posiciona como uno de los principales yacimientos fósiles de la Era de los Dinosaurios en el país, gracias a investigaciones apoyadas por el INACH en la zona, las que han causado la atención mundial gracias a hallazgos como el de restos de hadrosaurios, conocidos como dinosaurio pico de pato, en 2013; un titanosaurio el año 2015, el que sería el más grande del país hasta el momento y, más recientemente, anquilosaurios que acercan más la historia natural de estos animales a la Antártica.

A su vez, otros grupos han encontrado restos de flora fósil, lo que permite determinar que en ese período el sector se encontraba en la cercanía de importantes cuerpos de agua.

Esta diversidad fósil representa una pieza fundamental en la construcción del paisaje biológico de Chile y de la determinante interacción con la Antártica a través de puentes biogeográficos.



Grupo de paleontólogos trabajando en terreno.



La columna estratigráfica muestra las capas geológicas en la zona y los distintos restos hallados en ellos.

Geología de un mundo perdido

Junto a los primeros dinosaurios de Magallanes, se hallaron abundantes vestigios de una enigmática flora que evoca a la "Antártica verde", esa que estuvo conectada con Patagonia occidental a finales de la Era de los Dinosaurios, en un período geológico conocido como Cretácico. A los dinosaurios se sumaron una tortuga de agua dulce del género *Yaminuechelys*, siendo el registro más austral de este linaje extinto de tortugas. Después vino *Magallanodon baikashkenke*, que con 74 Ma (millones de años) es el mamífero fósil más antiguo de Chile, y meses después nació para la ciencia *Orretherium tzen*, el segundo mamífero fósil chileno de la Era de los Dinosaurios, también, al igual que Magallanodón, perteneciente a viejos linajes extintos.

Otro capítulo está representado por la flora fósil, en la forma de improntas foliares, flores, maderas fósiles, granos de polen y esporas, que están, literalmente, cambiando los libros de la historia natural de Sudamérica y Antártica, revelando los primeros pasos de los reyes del bosque chileno, pero también de los ancestros de las remotas floras de Australia, Nueva Caledonia y Nueva Zelanda, en un giro inesperado de los modelos de dispersión de la biota austral. El valle del río de Las Chinas posee el único registro documentado para Chile del límite K/Pg, que marca el fin de la Era de los Dinosaurios, con una catástrofe global desencadenada por el impacto de un meteorito en la península de Yucatán.

Especies encontradas en el cerro Guido

Reino vegetal



Nothofagus
(68,9 Ma)



Equisetum



Helecho
Cladophlebis



Ramas de araucaria
(68,9 Ma)



Taeniopteris
(68,9 Ma)



Ginkgo
(68,9 Ma)



Brachychiton
(72,6 Ma)



Podocarpus innopinatus
(74,8 Ma)(72,6 Ma)

Reino animal



Plesiosaurio
(67 Ma)



Diente de tiburón
(68 Ma)



Terópodo
(74,9 a 71,7 Ma)

«Se sabe muy poco del tiempo del fin de la Era de los Dinosaurios en la región polar sur del mundo; es realmente un área gris, y se sospecha que muchas partes de la evolución de la vida transcurrieron acá. Esa es la hipótesis que estamos confirmando, las cosas que estamos descubriendo son realmente insólitas».

Dr. Alexander Vargas,
paleontólogo de la
Universidad de Chile.



Dorotheus guidensis
(72 Ma)



Titanosaurio
(78 Ma)



Dinosaurio pico de pato o hadrosáurido
(*Hadrosauridae*)
(68,9 Ma).



HUMANO ADULTO

PARA SABER MÁS
• Guía Paleontológica
«Patagonia Fósil»



Mamíferos de la Patagonia prehistórica

El hallazgo de nuevos fósiles en la zona del cerro Guido ha permitido crear una imagen más completa del ecosistema antártico durante el Cretácico superior, último período del Mesozoico.



Orretherium tzen

Descrito y publicado en 2021, este mamífero meriodioléstido pertenece a la familia Mesungulatidae (mesungulátidos) y habitó en la Patagonia durante el Cretácico superior hace 74 a 72 millones de años.

Su nombre proviene de *Orre*, que significa «dientes» en dialecto aónikenk, y *therium*, que significa «bestia» en griego, una terminación empleada con frecuencia en géneros de mamíferos. Por su parte, *tzen* significa «cinco» en aónikenk, por los dientes que fueron hallados de su mandíbula.



5

dientes bastaron para identificar a *Orretherium tzen*.



PARA SABER MÁS

- Investigadores descubren nuevo mamífero de la Era de los Dinosaurios en la Patagonia Chilena.



IMAGEN: MAURICIO ÁLVAREZ



IMAGEN: MAURICIO ÁLVAREZ



Los dientes encontrados son grandes, relativamente alargados y apenas presentan desgaste. Se estima que sus incisivos y dientes masticadores evolucionaron tipo roedor, aunque el Magallanodón no es un roedor. A través de su registro dental se pudo conocer que es herbívoro y que se alimentaba de diferentes plantas.

Magallanodon baikashkenke

De similares características a un coipo, este fue el primer mamífero descubierto del mesozoico chileno, correspondiente al grupo de los gondwanaterios, y vivió hace 71 a 74 millones de años.

Su nombre proviene de Magallanes y la Antártica Chilena, además de odontos, del griego «diente», junto a bai y kashkenke, que significan «abuelo» y «valle», respectivamente, en lengua aónikenk. Este nombre se entendería como «valle de los abuelos», en alusión a lo que hoy se conoce como valle del río de Las Chinas, y apunta a que este sector contiene los ancestros de muchos linajes de plantas y animales, algunos extintos y otros ancestros de organismos que conquistaron distantes rincones del megacontinente Gondwana.

La lengua **aónikenk** es la rama más austral del grupo lingüístico y cultural tehuelche, un pueblo originario que ocupaba extensos territorios entre el río Santa Cruz y el estrecho de Magallanes.

PARA SABER MÁS

- Magallanodón: el mamífero fósil más antiguo de Chile fue descubierto en la comuna de Torres del Paine.





El fin de la Antártica cálida

En la escala geológica, el Cenozoico o «era de los mamíferos» se encuentra dividido en tres grandes periodos: el Paleógeno, muy cálido; el Neógeno, comparativamente más frío y con temperaturas globales en descenso, y el Cuaternario, caracterizado por las grandes glaciaciones y porque abarca hasta la actualidad. La división entre Paleógeno y Neógeno, hace 23 millones de años (Ma), está definida por una gran caída en las temperaturas, que afectaron con mucha mayor nitidez a las regiones polares. Esto definió el establecimiento de un clima templado frío a polar durante el Neógeno, periodo en el cual comienzan a desaparecer los grandes bosques antárticos y se establece una presión de selección que lleva a muchos organismos, sin mecanismos para tolerar o evadir las bajas temperaturas, a desaparecer definitivamente. Sin embargo, otros organismos se adaptaron a dichas condiciones y sobrevivieron, conformando los muchos linajes endémicos de Antártica.

Hace unos 23 millones de años la Antártica comenzó a enfriarse en forma muy sensible. Sin embargo, este gigantesco proceso de glaciación habría sido más lento de lo que se pensaba y habría tardado varios millones de años en producirse. Hallazgos fósiles obtenidos muy cerca del polo sur y de una antigüedad de solo 14 millones de años, muestran que aún existía en esa región una vegetación muy similar a la que es posible ver hoy en la isla Herschel, Parque Nacional Cabo de Hornos, que se muestra en esta imagen.

FOTO: SERGE OUACHEE.

La Antártica occidental alberga un importante registro fósil del Neógeno, debido a que aún se conservan áreas deglaciadas en las costas. La interpretación de estos fósiles está proporcionando información de gran trascendencia para la comprensión de los grandes cambios que convirtieron a la Antártica en lo que hoy es. Paradójicamente, nuestra impresión de que la historia del fin de la Antártica verde llegaba con el comienzo del Neógeno, hace 23 Ma, comenzó a ser cuestionada con los hallazgos de flora y fauna a 85° de latitud sur, o sea, a solo unos 500 km del polo sur. El área se conoce como glaciación Beardmore y los fósiles corresponden a una tundra con árboles de *Nothofagus* achaparrados, herbáceas como *Ranunculus*, turberas de musgos, insectos, en un ensamble que recuerda mucho a los de la isla de Hornos, en el extremo sur de América. Estos fósiles tienen una edad estimada de 14 Ma y su hallazgo casi 10 Ma, después del comienzo del enfriamiento final de Antártica y tan cerca del polo, lo que nos obliga a plantearnos preguntas acerca de la persistencia de estos ambientes en la península y las islas Shetlands del Sur, donde las condiciones debían haber sido menos rigurosas para la vida.

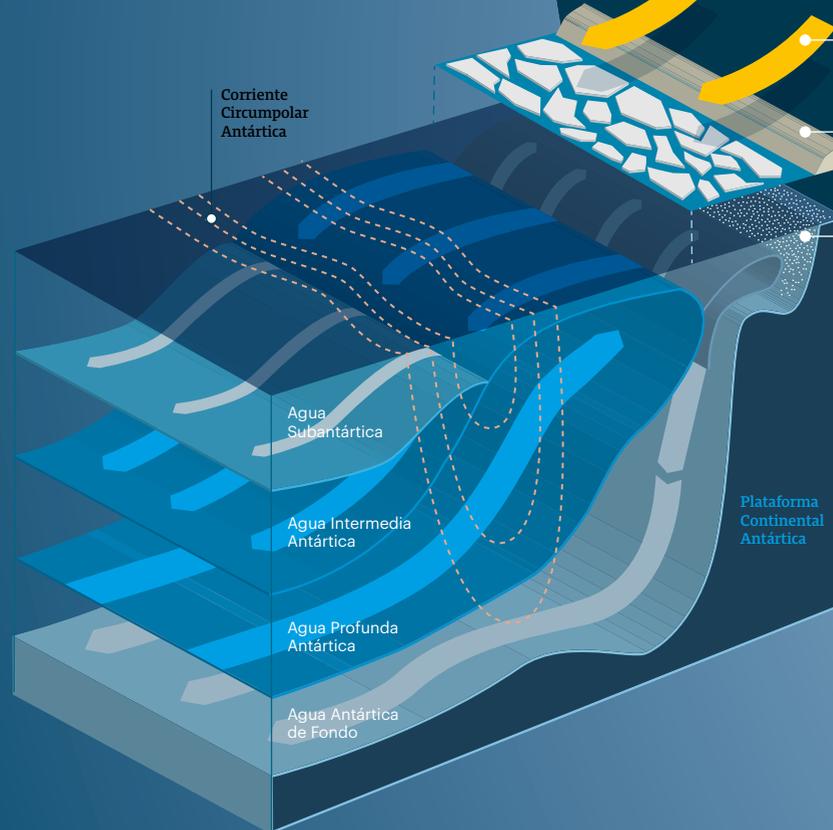
Una última reflexión nos hace indudablemente afirmar que durante la mayor parte de la historia natural, la Antártica fue un continente plagado de vida, fuente de muchas especies que hoy colorean los continentes australes y corredor biogeográfico para continentes hoy disjuntos.

El océano Austral se formó hace cerca de 35 millones de años, cuando se produjo la separación de Sudamérica del continente antártico, lo que permitió la comunicación entre los océanos Pacífico y Atlántico a través del paso Drake y la formación de la corriente circumpolar antártica.

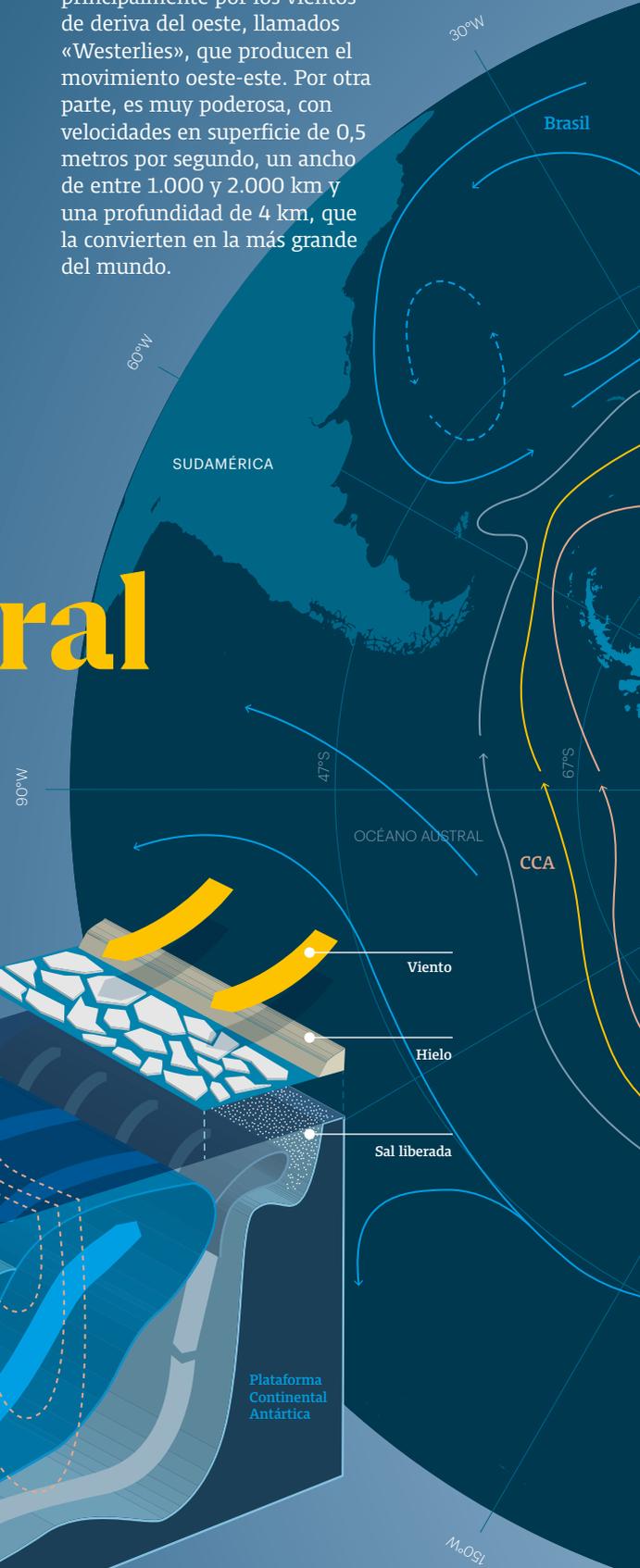
El océano Austral

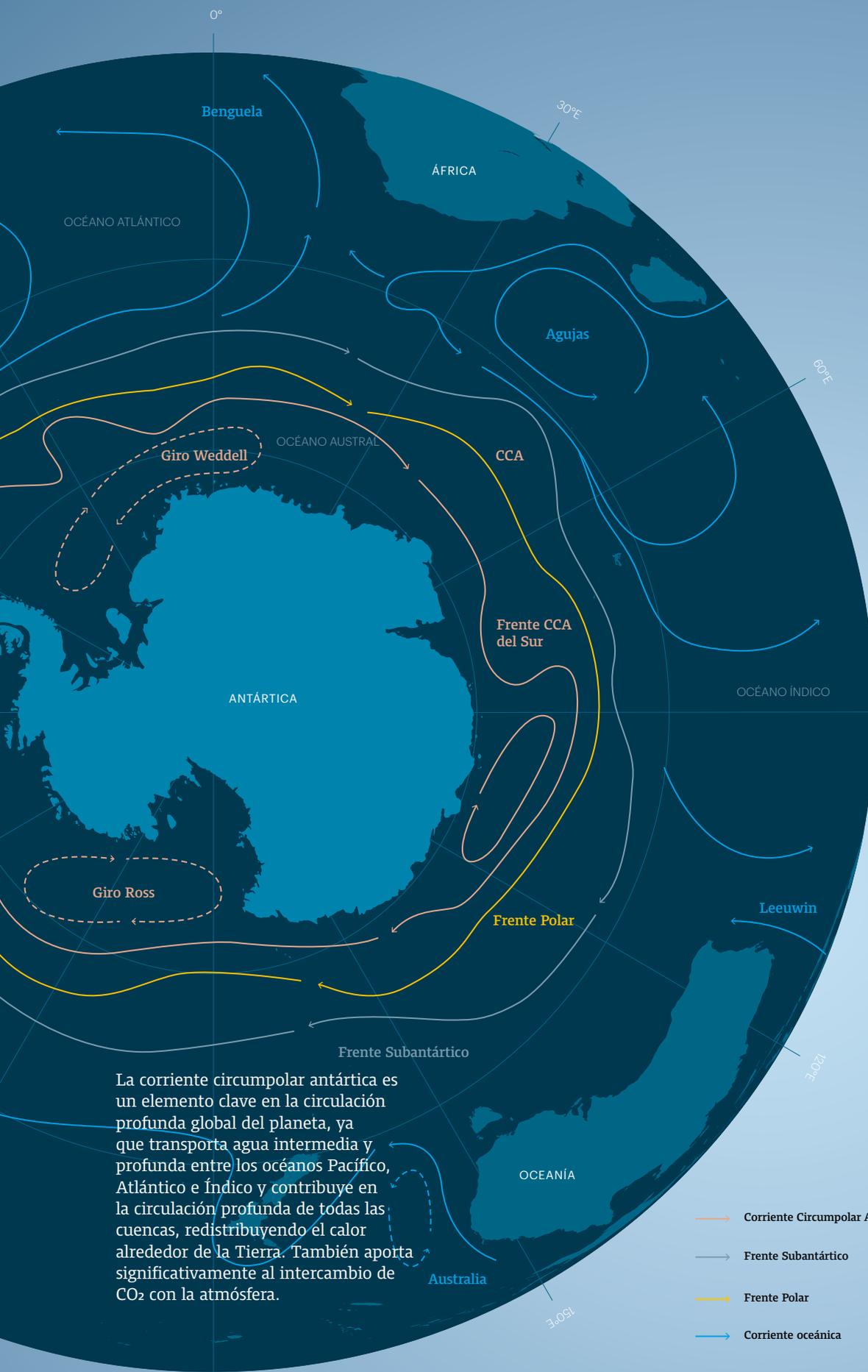
Masas de agua del océano Austral

El océano Austral presenta varias masas de agua, las cuales difieren en temperatura, salinidad y la dirección del flujo. La masa de agua más superficial y la más profunda fluyen hacia el norte, mientras que la masa intermedia lleva el agua hacia el sur. En el océano Austral existen sitios de formación de agua profunda antártica, y se encuentran zonas de giros en el mar de Weddell y mar de Ross.



La corriente es conducida principalmente por los vientos de deriva del oeste, llamados «Westerlies», que producen el movimiento oeste-este. Por otra parte, es muy poderosa, con velocidades en superficie de 0,5 metros por segundo, un ancho de entre 1.000 y 2.000 km y una profundidad de 4 km, que la convierten en la más grande del mundo.





La corriente circumpolar antártica es una poderosa corriente con un flujo de aproximadamente 130 Sv (millones de metros cúbicos por segundo), que fluye en la Antártica de oeste a este y recorre cerca de 23.000 km.

La corriente circumpolar antártica es un elemento clave en la circulación profunda global del planeta, ya que transporta agua intermedia y profunda entre los océanos Pacífico, Atlántico e Índico y contribuye en la circulación profunda de todas las cuencas, redistribuyendo el calor alrededor de la Tierra. También aporta significativamente al intercambio de CO₂ con la atmósfera.

Esta corriente se localiza entre el Frente Subantártico y el Frente Polar. Los frentes son límites entre aguas con diferentes propiedades oceanográficas (temperatura, salinidad, densidad). El Frente Subantártico es una zona de divergencia, donde el agua asciende, y el Frente Polar de Convergencia, donde el agua desciende. El Frente Polar se caracteriza, además, por un descenso brusco en la temperatura superficial del mar, entre los 59° y los 58° S.

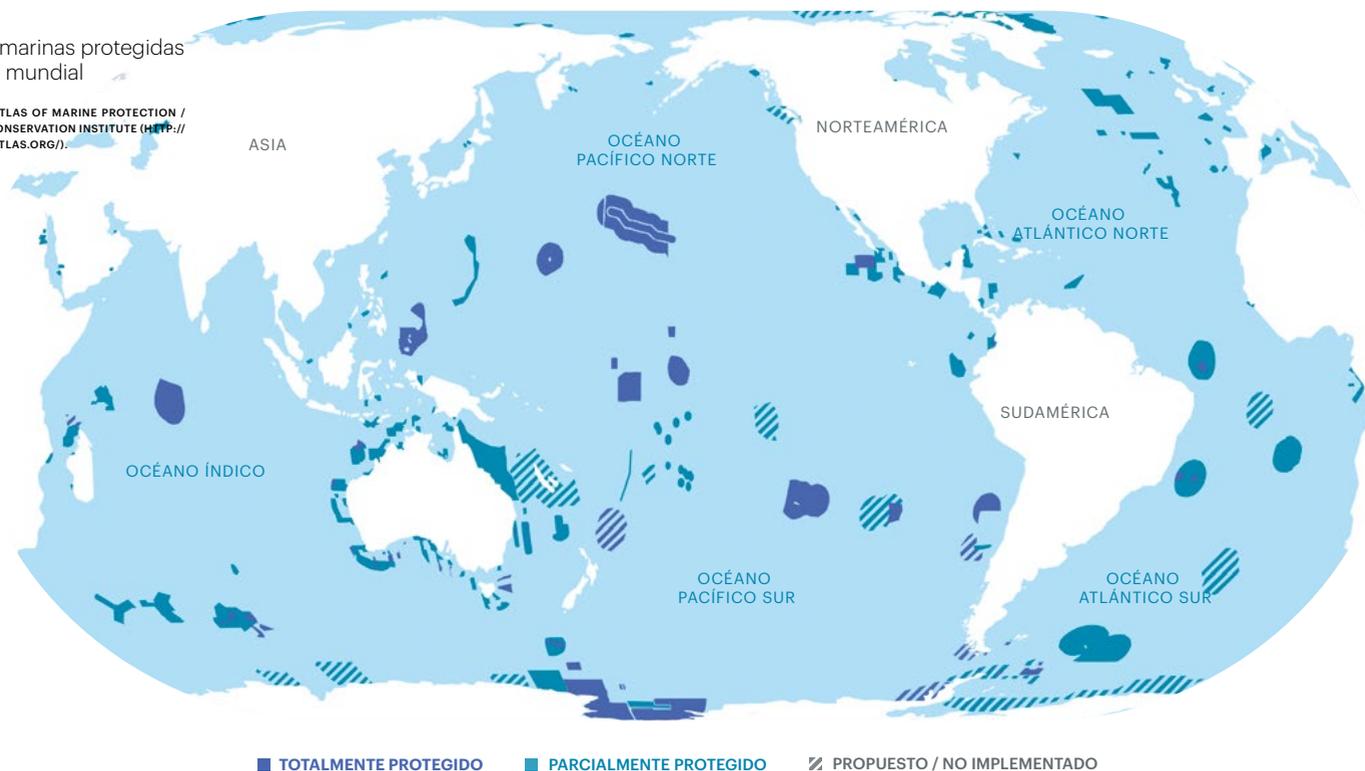
- Corriente Circumpolar Antártica (CCA)
- Frente Subantártico
- Frente Polar
- Corriente oceánica

Áreas marinas protegidas

En varias partes de los océanos del mundo existen áreas que poseen especial protección debido a la importancia de las especies que allí habitan y los servicios ecosistémicos que ofrecen al resto del planeta. En la Antártica encontramos el área protegida más grande del mundo, en la región del mar de Ross.

Áreas marinas protegidas a nivel mundial

FUENTE: ATLAS OF MARINE PROTECTION / MARINE CONSERVATION INSTITUTE ([HTTP://WWW.MPATLAS.ORG/](http://www.mpatlas.org/))



Las áreas marinas protegidas (AMP) son espacios marinos definidos geográficamente que han sido reconocidos, dedicados y administrados para lograr la conservación de la naturaleza a largo plazo, junto con sus servicios ecosistémicos asociados y valores culturales.

A febrero de 2020 existen más de 17.000 AMP designadas en todo el mundo, con un tamaño medio de alrededor de 2,4 km². La mayoría de estas zonas incluyen una variedad de esquemas de zonificación y administración, que van desde zonas individuales a zonas múltiples y desde áreas sin captura hasta áreas de uso múltiple.

Beneficios para el ecosistema

Al proteger estas áreas especiales permitimos que las especies que habitan o pasan por ellas puedan crecer y desarrollar su potencial reproductivo completo, por lo que actúan como fuentes de larvas que pueden repoblar las áreas protegidas y también las áreas adyacentes de manera sostenible.

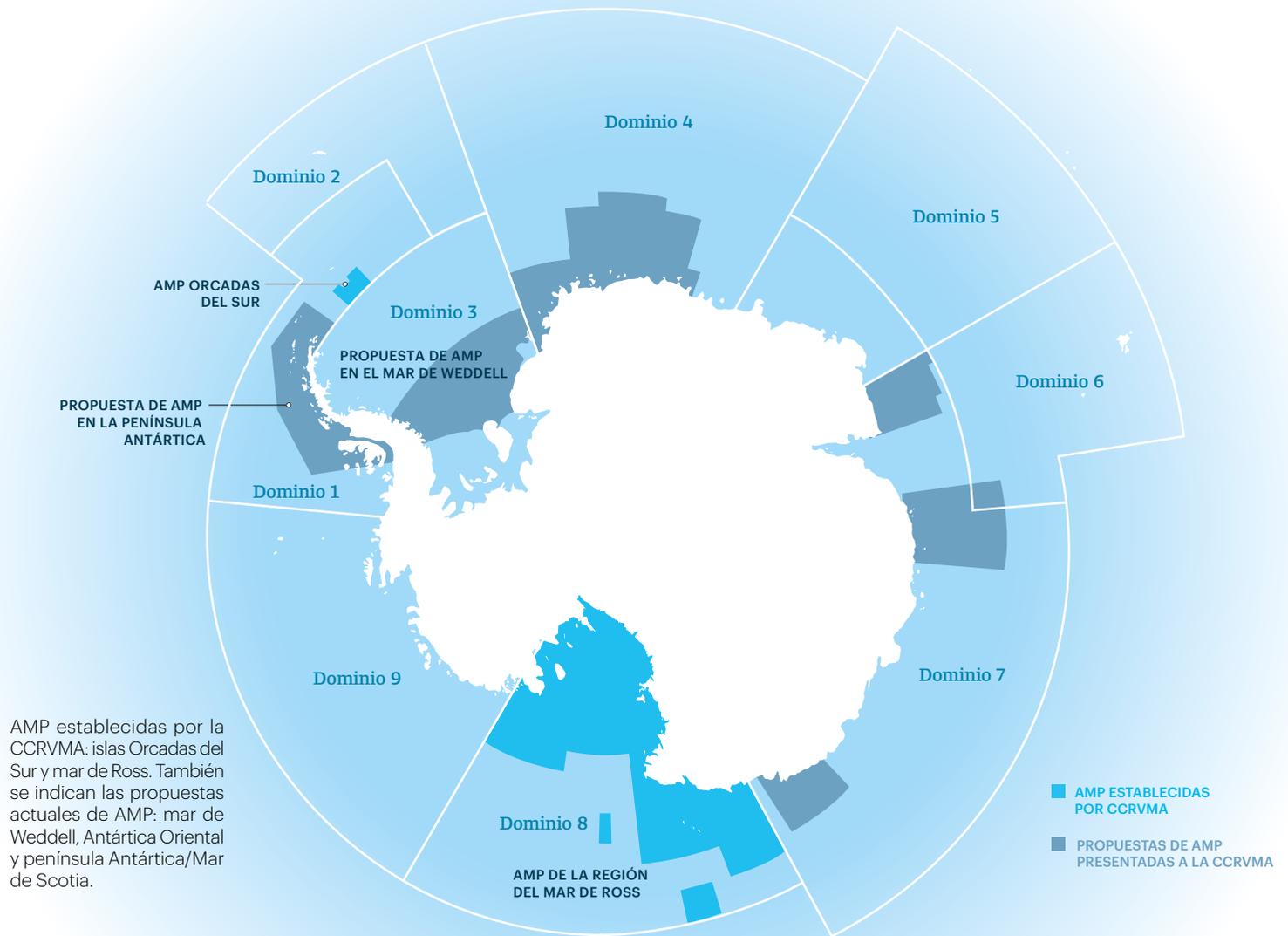
Por otra parte, actúan como refugios para el sistema ecológico que contienen y proporcionan un poderoso amortiguador contra la variabilidad y la incertidumbre climática, por

A febrero de 2020, existen más de

17.000

AMP designadas en todo el mundo.

lo que sirven como laboratorios naturales para estudiar cómo reaccionan los ecosistemas marinos ante el impacto del cambio climático en ausencia de impactos antropogénicos directos.



AMP antártica

En 2009, la Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA) estableció la primera AMP en alta mar del mundo: el Área Marina Protegida de la Plataforma Sur de las Islas Orcadas del Sur, una región que abarca 94.000 km² en el Atlántico sur.

Luego, en 2016, la CCRVMA estableció la AMP a gran escala más grande del mundo en la región del mar de Ross, que cubre un área de 2,09 millones de km² (de los cuales 1,6 millones de km² están totalmente protegidos), como el primer paso de una futura red de AMP en la zona antártica. El diseño de

estas áreas busca proteger una serie de objetos de conservación y fomentar la investigación internacional entre todos los miembros de la CCRVMA interesados en esta región.

Existen también tres propuestas bajo consideración de la CCRVMA para la creación de nuevas AMP en el océano Austral, en las zonas de la Antártica Oriental, el mar de Weddell y en la península Antártica con el mar de Scotia, presentada por Chile y Argentina.

PARA SABER MÁS

- Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA)



El congelador del mundo

La Antártica representa:



77%

de toda el agua dulce disponible
(26.920.000 km³)

FUENTE: GLEICK 2006 Y FRETWELL 2013

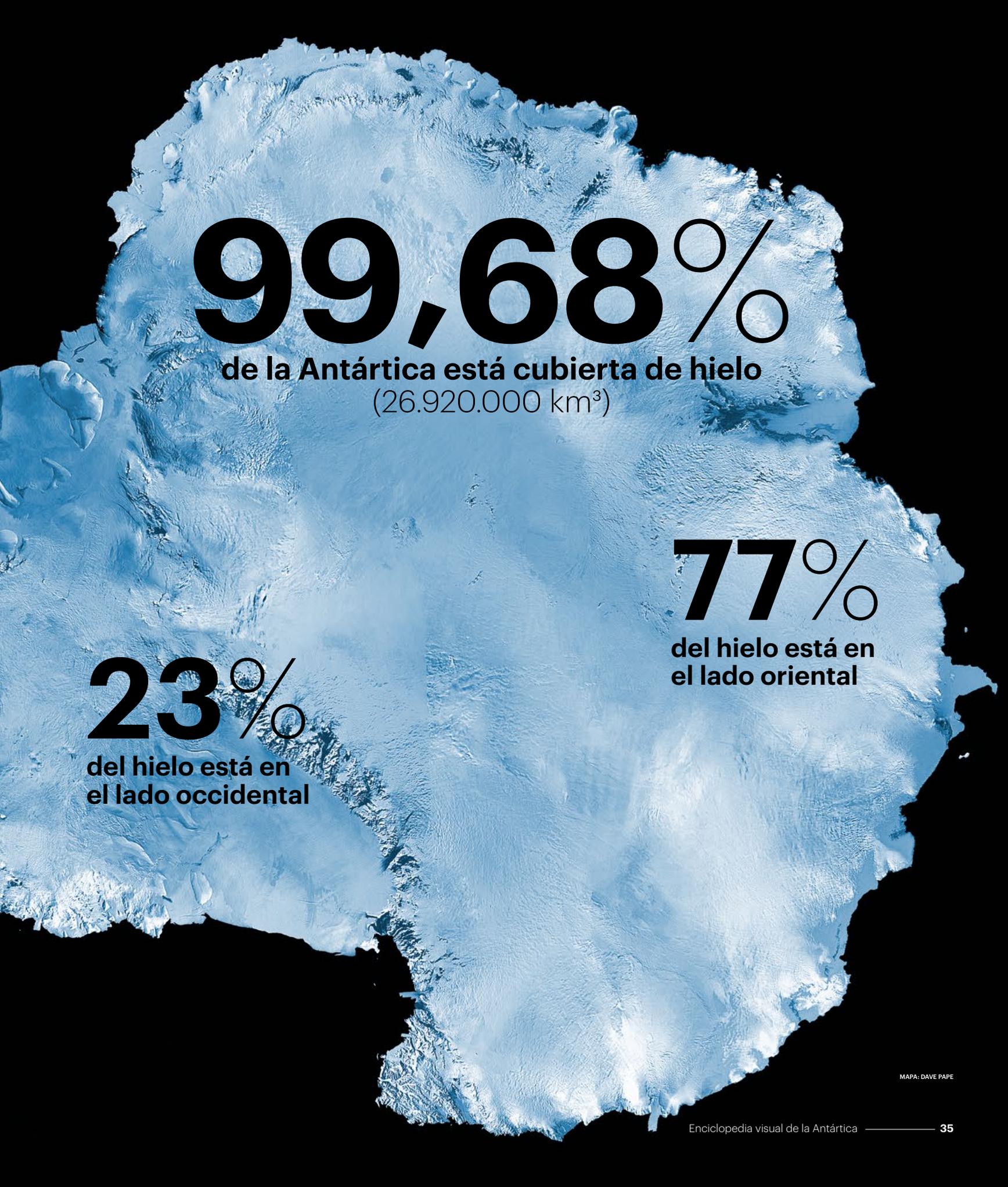
Hielo glaciar

La Antártica conserva 26,9 millones de kilómetros cúbicos de hielo, 85% del que existe en el planeta.



Antártica
85%

Resto del mundo
15%



99,688%

de la Antártica está cubierta de hielo
(26.920.000 km³)

23%

del hielo está en
el lado occidental

77%

del hielo está en
el lado oriental

La criósfera

El término criósfera corresponde al componente de agua congelada de la Tierra y reúne formas tan diversas como el hielo presente en los mares, lagos y ríos, pero también estructuras más espectaculares, como las perpetuas cimas nevadas en las montañas, los glaciares, la tierra largo tiempo congelada —que llamamos permafrost— y en especial los enormes casquetes de hielo presentes en los polos. En todas sus variaciones, la criósfera juega un rol vital en la regulación climática a través de su impacto en el nivel del mar, la difusión del calor terrestre por medio de la formación de aguas profundas frías y la mantención de la corriente termohalina, e incluso en la cantidad de luz y radiación proveniente del sol que el planeta refleja de vuelta al espacio.



Nivel del mar

Al mantener una gran cantidad del agua del planeta en estado sólido, la criósfera tiene una gran influencia en la mantención del nivel del mar. Producto del cambio climático, este nivel ha aumentado entre 1,8 mm y 3,1 mm anuales durante los últimos 50 años. De ellos, se calcula que el derretimiento paulatino de los hielos antárticos estaría contribuyendo en hasta 0,1 mm y 0,2 mm anuales.

En forma natural, la criósfera aumenta y disminuye según las estaciones del año y los ciclos de cambio climático a largo plazo. En la actualidad, la criósfera ha ido perdiendo terreno debido al aumento de las temperaturas y los efectos del calentamiento global ocasionado por el ser humano. Este retroceso acelera aún más el aumento de las temperaturas, lo que lleva a un círculo vicioso de derretimiento.

Duración según escalas temporales de los distintos tipos de hielo



Nuestro planeta posee una gran cantidad de agua en estado líquido, que llena los océanos, lagos y ríos, y también en forma de gas, que genera las nubes y es parte de la atmósfera. Pero también mantiene una gran parte del agua en forma sólida en distintos lugares y con características especiales, las que en conjunto conforman la criósfera.

Hielo marino
2 m altura
1.000 km extensión

Océano

Plataforma de hielo
(hielo glaciar que flota en el mar, metamórfico)
1.000 km extensión
2 m altura

Casquete polar
3.000 km extensión
3 km altura
1 km bajo nivel del mar

Los científicos y los investigadores siguen intentando entender qué efectos tendrán los cambios de la criósfera en el balance energético de la Tierra, y además mejorar las estimaciones de su aporte al nivel del mar para estar mejor preparados ante su eventual incremento. El aumento en el nivel del mar producto del derretimiento de grandes masas de hielo terrestre puede afectar la vida y habitabilidad humana en las costas del planeta.

Historia de la glaciación

Durante la mayor parte de su historia, la Antártica fue un continente verde, lleno de vida, similar a lo que hoy vemos en el sur de Chile. Las temperaturas cálidas se debieron a un fenómeno de efecto invernadero de la historia natural producido, entre otras razones, por la liberación de unos dos billones de toneladas métricas de carbono a la forma de metano, gracias a la actividad de volcanes submarinos sobre bolsones de hidrato de metano submarino.

Sin embargo, hace cerca de 28 millones de años, el continente comenzó a aislarse y enfriarse, primero en las montañas interiores, luego en los valles y costas, hasta que los árboles ya no pudieron sobrevivir. Ya desde hace 50 millones de años el clima del planeta ha ido en constante descenso, gracias al deterioro del efecto invernadero de comienzos del Eoceno, ocurrido en una serie de pasos, entre los cuales destaca la permanente glaciación de la Antártica Este.

Cambios en los patrones de circulación oceánica y descenso de los niveles de CO₂ atmosférico han sido considerados como causas del fuerte enfriamiento antártico. Estos cambios, producidos por la separación de Sudamérica y la Antártica y la subsecuente formación del Paso Drake, favorecieron la aparición de la corriente circumpolar antártica, la cual, se cree, ha servido de aislante térmico para la Antártica.

Actualmente, el nuevo fenómeno de calentamiento global en el que nos encontramos parece estar revirtiendo en zonas acotadas el congelamiento que tuvo el continente. El

Cambios en los patrones de circulación oceánica y descenso de los niveles de CO₂ atmosférico han sido considerados como causas del fuerte enfriamiento antártico.

aumento de la temperatura en la corriente circumpolar ha debilitado algunos glaciares formados durante millones de años. Desde los años 50, las temperaturas promedio anuales han aumentado casi 2,5 °C, mucho más rápido que en el resto del planeta, y los vientos se han calentado cerca de 5 °C. Por ello, hoy el hielo marino se forma apenas durante cuatro meses, a diferencia de las siete de décadas anteriores.





FOTO: F. TRUEBA

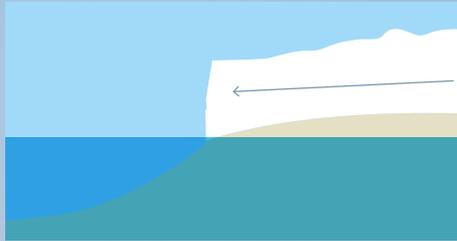
Hielo

Lejos de ser estáticas, las grandes capas de hielo antártico viven un constante proceso de acumulación y ablación (desprendimiento y derretimiento). Cuando finalmente se desprenden del continente, estas enormes estructuras flotantes suelen tener más del 90 % de su volumen bajo el mar y pueden llegar a pesar cerca de 200.000 toneladas. El témpano (iceberg) más grande jamás registrado se desprendió en el año 2000 desde la plataforma de hielo flotante de Ross, fue llamado Iceberg B-15 y llegó a tener cerca de 11.000 kilómetros cuadrados de superficie.

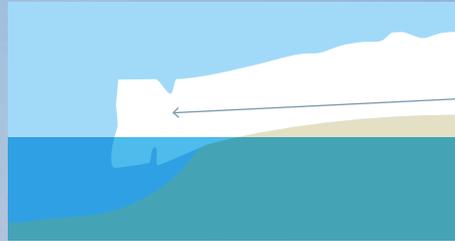


El nacimiento de un iceberg

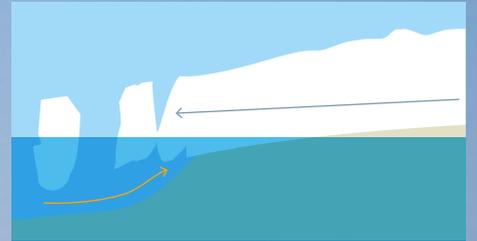
Los témpanos o icebergs se forman cuando los glaciares fluyen desde el interior del continente hacia la costa. Al llegar a la orilla del mar, el hielo de barrera se rompe por efecto de las olas, las corrientes y la gravedad, lo que deja los enormes bloques de hielo flotante.



❶ Para que se forme un iceberg, un glaciar debe avanzar hacia el mar. Independiente del tamaño, los glaciares están en constante movimiento: se desplazan desde el interior hacia la costa debido a su propio peso, en un movimiento lento, pero constante (entre 100 y 1.000 m por año).



❷ Una vez que la masa alcanza el océano, avanza formando una especie de alero de hielo denominado plataforma, barrera o ice-shelf. Estas plataformas circundan prácticamente todo el continente, similares a blancos acantilados, con una altura media de 50 m.



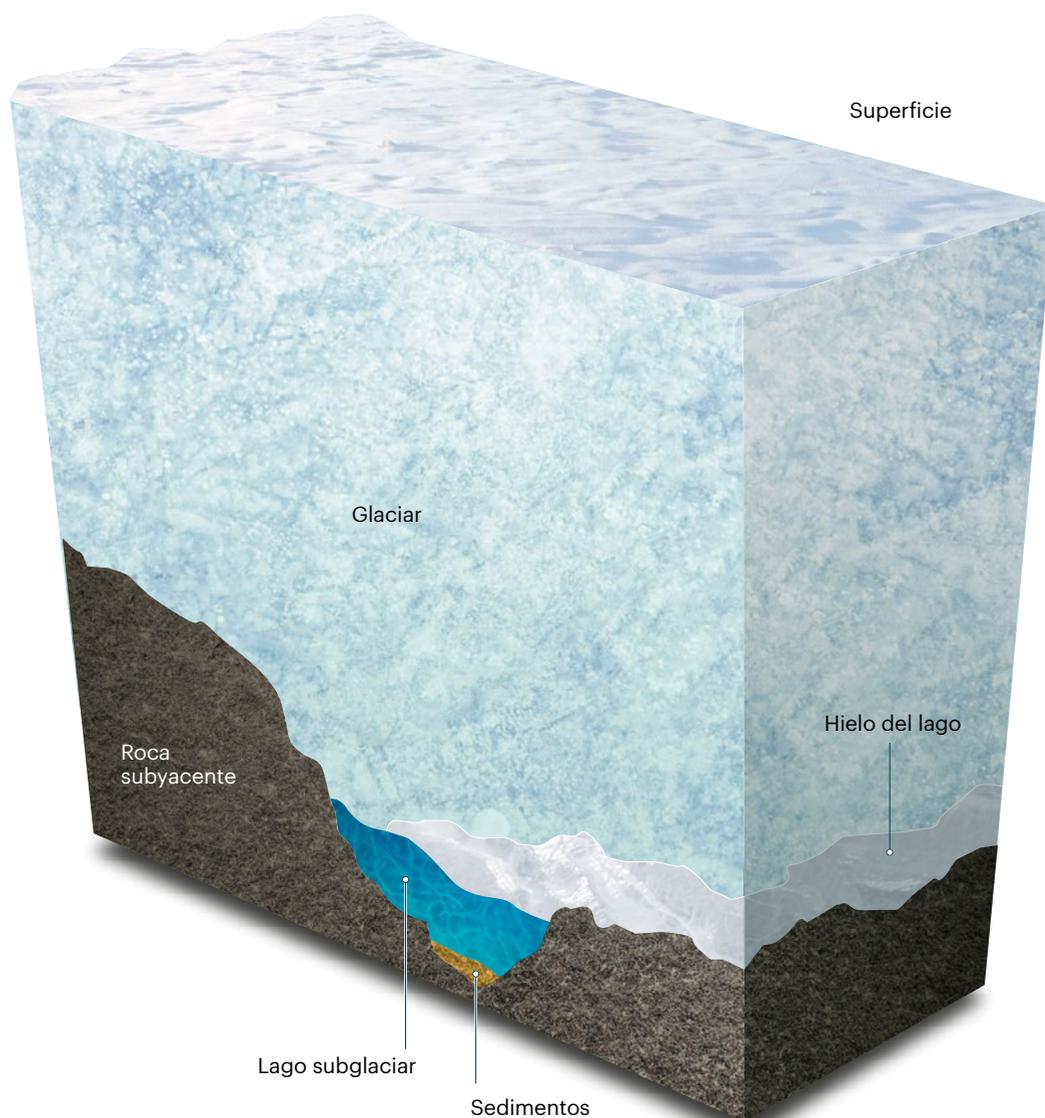
❸ Tanto el movimiento del hielo hacia el mar, como la acción desgastadora de las olas, del agua profunda cálida y el deshielo, desprenden trozos de la barrera que quedan a la deriva en el mar, lo que forma icebergs de diferentes tamaños.



Por debajo de los enormes casquetes polares que caracterizan al Continente Blanco corren aguas llenas de vida y escondidas del mundo por millones de años.

Lagos subglaciares

Gracias a mediciones obtenidas por radares, sabemos que la Antártica posee alrededor de 400 lagos subglaciares, algunos de ellos con conexiones hidrológicas a través de ríos y riachuelos. Lo interesante de estos lagos es que han estado privados de luz solar por millones de años, al estar cubiertos por una gruesa capa de hielo y, por tanto, carentes de fotosíntesis, que es la base de la vida en la Tierra.

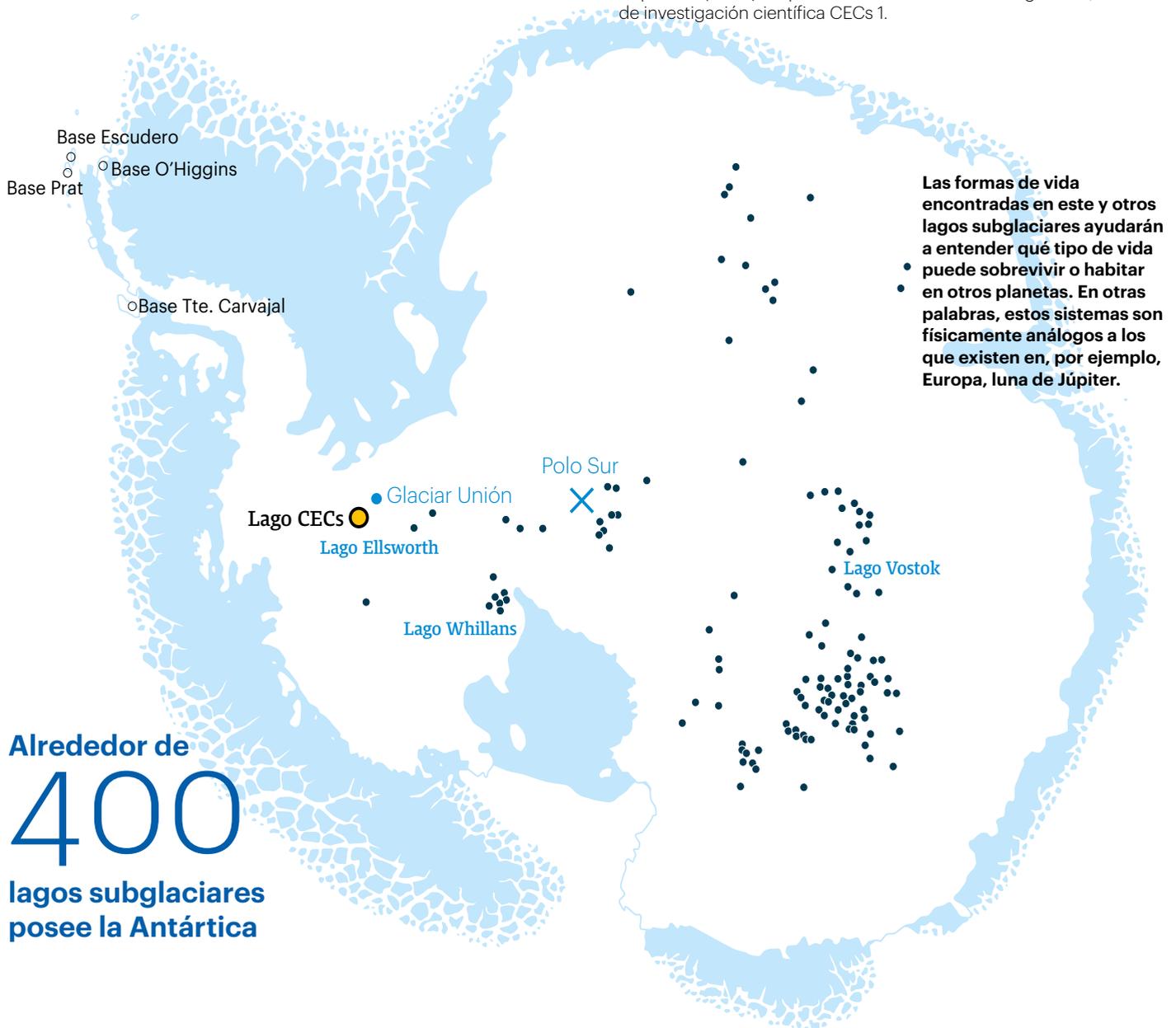


En 2013, el proyecto WISSARD (Whillans Ice Stream Subglacial Access Research Drilling) reportó la presencia de bacterias en el lago a través de observación microscópica y tinción del ADN. Luego, el 2014 publicaron el primer reporte de este ecosistema, indicando la existencia de bacterias y arqueas planctónicas en la columna de agua aeróbica (con oxígeno) con una concentración de 1.3×10^5 células mL. Además, datos de producción primaria y heterotrófica revelaron que este lago contiene una comunidad microbiana (organismos unicelulares) metabólicamente funcional, que estaría soportada por actividad quimioautotrófica en oscuridad, independiente completamente del sol.

Desde el verano de 2014, el Centro de Estudios Científicos (CECs) ha realizado varias expediciones de largo alcance al plateau central de Antártica occidental, con el objetivo de estudiar la estabilidad del casquete de hielo y la hidrología subglaciar. Entre los principales resultados obtenidos está el descubrimiento de un lago de cerca de 300 metros de profundidad, ubicado bajo 2.653 m de hielo, que presenta condiciones propicias para llevar a cabo un programa de investigación multidisciplinario de largo plazo. Fue el descubrimiento del «Lago Subglacial CECs».



Integrantes de la campaña sísmica de diciembre del 2016 en la estación base del lago CECs. De izquierda a derecha: Alex Brisbourne (BAS), Andrés Rivera (CECs), Rodrigo Zamora (CECs), Nick Gillet (BAS), Felipe Napoleoni (CECs). Se puede ver detrás de los investigadores, el módulo de investigación científica CECs 1.



Exploradores bajo el hielo y el mar

Mientras que los testigos de sedimento recuperan información sobre los cambios en el océano y la vida de hace millones de años, los testigos de hielo conservan datos sobre el pasado en la atmósfera del planeta.

Testigos de hielo

Los testigos de hielo son un tipo de muestra que contiene información de distintos eventos de tipo geológico, marino o biológico que influyeron sobre la atmósfera del pasado. Al excavar grandes muestras de hielo en la Antártica, las y los científicos son capaces de observar la composición química del aire con miles de años de antigüedad preservada en el hielo, para así descubrir cómo ha variado en el tiempo.

Los fenómenos del pasado, como las erupciones volcánicas, las precipitaciones y la influencia del ser humano, quedan para siempre registrados en las capas de hielo que han acumulado miles de años de historia terrestre. La profundidad del testigo, la acumulación anual de nieve, la ubicación geográfica y la altitud del lugar de donde se extrae resultan determinantes en la extensión temporal y el detalle de la información disponible.

Debido a las temperaturas bajo cero al interior de la Antártica, la nieve que se acumula en el tiempo conserva información medioambiental y climática. Durante millones de años, capas y capas de nieve se han acumulado una sobre otra, mientras en el proceso guardan y preservan todas las partículas orgánicas e inorgánicas caídas sobre la superficie.

En el hielo se pueden estudiar los gases contenidos en las pequeñas burbujas de aire que, con el tiempo, quedan atrapadas entre varias capas aplastadas de hielo y finas capas provenientes de enormes explosiones volcánicas y otros fenómenos ambientales. Con ello, se pueden inferir datos como los niveles de caída de nieve en épocas pasadas, la composición



La microbióloga Pamela Santibáñez sostiene una sección de testigo de hielo obtenido en la Antártica Occidental que tiene una edad de 10.800 años aproximadamente.

FOTO: I. VAN COLLER

química de la atmósfera, las características de la vegetación y, recientemente, los efectos del calentamiento global sobre el continente.

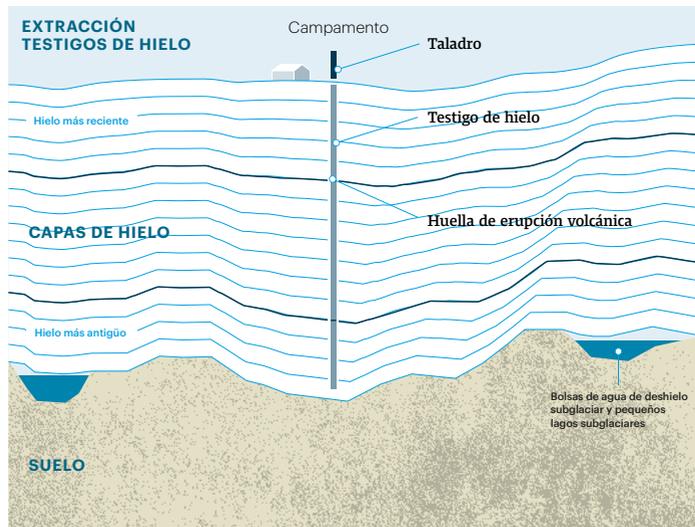
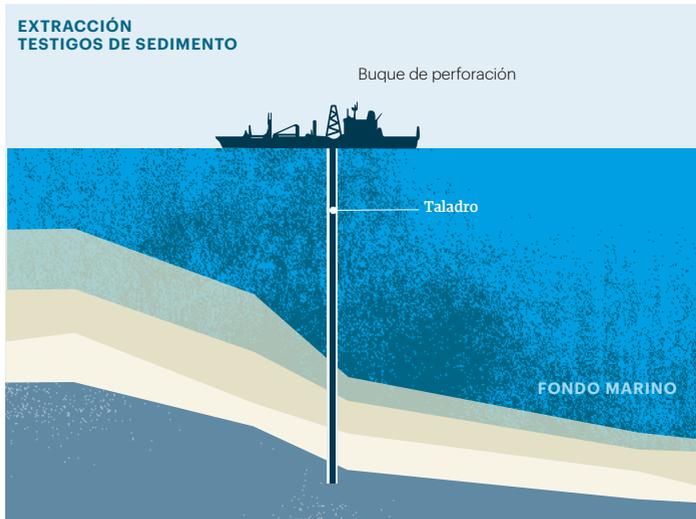
Testigos de sedimento

Los testigos de sedimentos permiten estudiar los sedimentos (fango) que se acumula en el fondo del océano Austral, el cual se caracteriza por presentar una gran abundancia de fitoplancton (microalgas, diatomeas), las cuales construyen sus esqueletos de sílice (vidrio) y cuando mueren estos organismos sus esqueletos se depositan y entierran en los sedimentos antárticos, siendo excelentes indicadores de cambios oceanográficos y climáticos en Antártica a lo largo del tiempo.

Varios estudios paleoceanográficos usan testigos sedimentarios en la Antártica. Estas muestras pueden llegar a ser mucho más antiguas que los testigos de hielo y abarcar hasta el Cretácico, pero para obtenerlos se necesita perforar rocas y sedimentos utilizando buques similares a plataformas petroleras.

Los testigos submarinos han permitido estudiar eventos climáticos como las glaciaciones, las caídas de meteoritos, cambios en la circulación oceánica, productividad y la formación de la corriente circumpolar antártica.

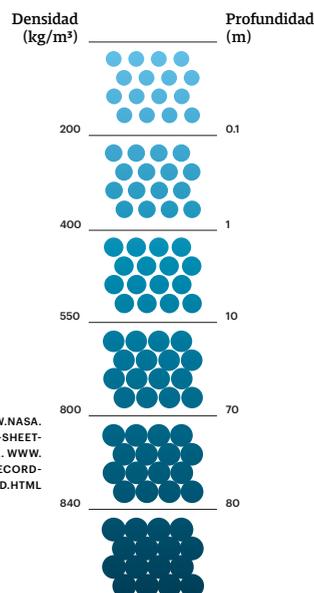
Propiedades de un testigo de hielo



TEMPERATURA, DENSIDAD Y PROFUNDIDAD: ESQUEMA DE DIAGÉNESIS DEL HIELO

La formación de hielo glaciar es un proceso que comienza a partir de la deposición y acumulación de nieve. El tiempo que tarda la nieve en transformarse en hielo depende de la temperatura del lugar. En la Antártica este proceso puede tomar décadas. La transformación de nieve a neviza y luego a hielo ocurre al cambiar la densidad debido a su compactación y temperatura. Cuando la densidad alcanza 830 kg m^{-3} los granos pasan a formar hielo glaciar. En el hielo existen burbujas de aire que quedan atrapadas y son preservadas, desde las cuales, a través de los testigos de hielo, se pueden estudiar las concentraciones de los gases atmosféricos del pasado.

FUENTES: WWW.BBC.COM/NEWS/SCIENCE-ENVIRONMENT-21692423. WWW.NASA.GOV/FEATURE/GODDARD/NASA-STUDY-MASS-GAINS-OF-ANTARCTIC-ICE-SHEET-GREATER-THAN-LOSSES-WATER.USGS.GOV/EDU/EARTHHOWMUCH.HTML. WWW.NASA.GOV/CONTENT/GODDARD/ANTARCTIC-SEA-ICE-REACHES-NEW-RECORD-MAXIMUM • WWW.JOHNSTONSARCHIVE.NET/ENVIRONMENT/WATERWORLD.HTML



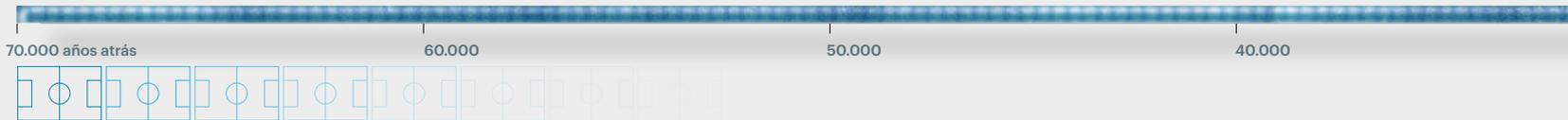
La historia en el hielo

Durante procesos que pueden durar años, diferentes grupos de investigación han perforado en zonas cuidadosamente escogidas del Continente Helado para recopilar información sobre milenios de historia climática terrestre.

WAIS

El proyecto de perforación realizado por el Programa Polar de los Estados Unidos sobre la capa de hielo de la Antártica occidental (West Antarctic Ice Sheet) buscó armar el registro más detallado hasta hoy sobre la concentración de gases de efecto invernadero en la historia terrestre, con el fin de compararlo con los efectos del actual cambio climático. La excavación comenzó en 2006 en el campamento WAIS y terminó en diciembre de 2011, 50 m sobre el fondo de la capa de hielo.

Longitud
3.405 m
Antigüedad alcanzada
70.000 años



Escala
Los testigos de hielo son estructuras muy largas.
Se puede apreciar su longitud comparada con una cancha de fútbol de 100 metros de largo.

Vostok

Este testigo de hielo obtenido por Rusia, Estados Unidos y Francia alcanzó en 1998 el récord de la excavación más profunda realizada en el continente. La muestra de hielo, obtenida desde la base rusa Vostok, es también la más cercana al polo sur geográfico, y se detuvo por petición de SCAR, debido a la posibilidad de hacer contacto y contaminar el lago subterráneo Vostok, a 4.000 m bajo la superficie del hielo.

Longitud
3.623 m
Antigüedad alcanzada
420.000 años



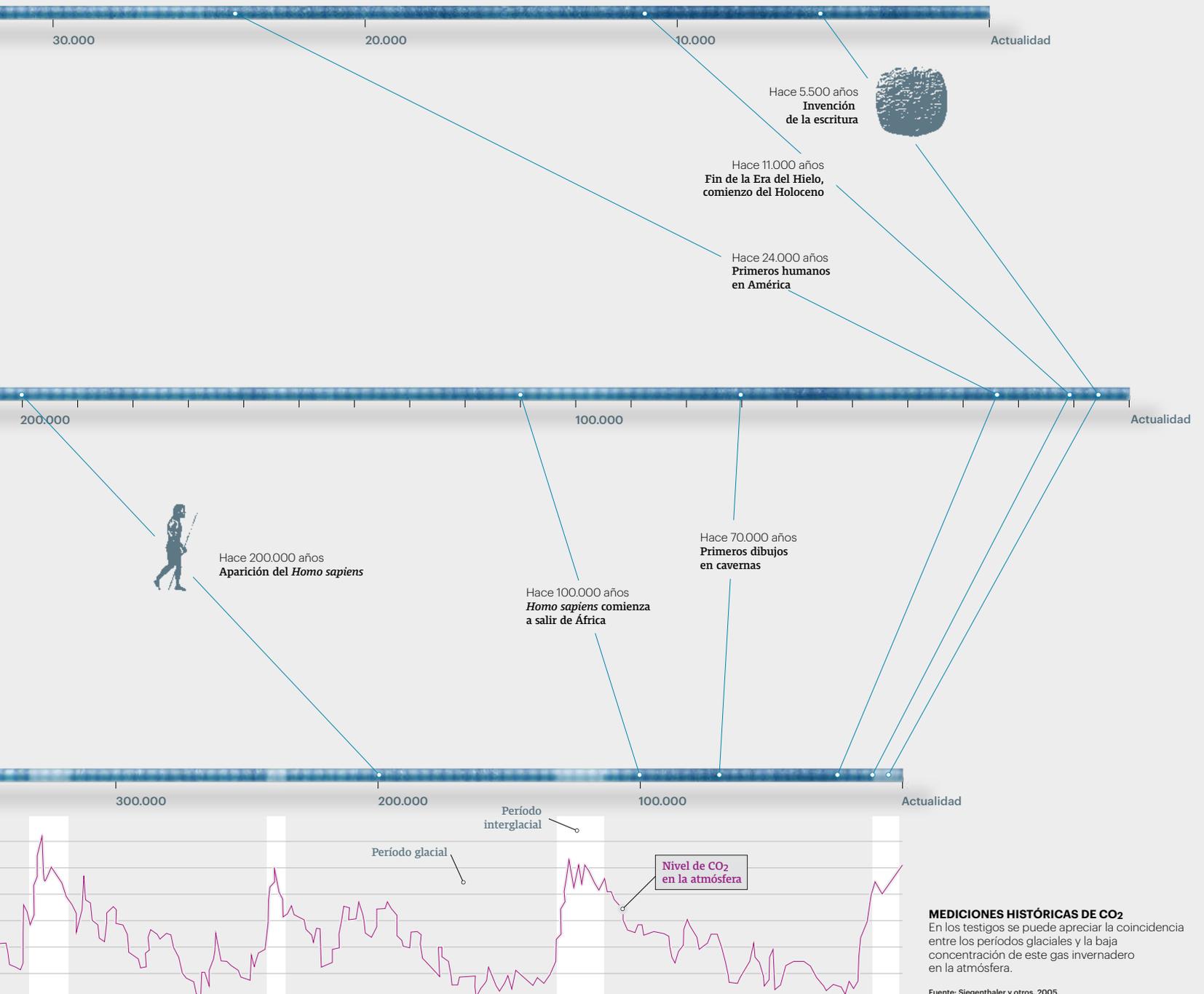
EPICA

La iniciativa del Proyecto Europeo de Muestreo de Hielo en la Antártica excavó desde la base Concordia en el Domo C de la meseta Antártica hasta el año 2004. Debido a que en esta zona se acumuló menos nieve que en otras partes del continente, es posible llegar a capas más antiguas sin tener que realizar excavaciones tan profundas. Gracias a ello, la muestra de EPICA registra el período de tiempo más extenso alcanzado hasta ahora.

Longitud
3.270 m
Antigüedad alcanzada
800.000 años



Sitios de extracción





«En Antártica no existe la moneda ni la fácil riqueza; el hombre trabaja duro, comparte sus alimentos con los demás y la noche lo sorprende en el descanso, cara a las estrellas, llenando sus pupilas de infinito».

Óscar Pinochet de la Barra



Mirando al cosmos desde el sur

Una de las más interesantes posibilidades que ofrece el cielo antártico es que nos permite observar el cielo como ningún otro lugar en el planeta.

De manera similar al desierto de Atacama en el norte de Chile, el frío y seco ambiente polar, que durante muchos meses está libre de nubosidad o agitación, ofrece a las y los astrónomos un nivel de nitidez que solo puede ser superado con telescopios satelitales en el espacio. Además, la mínima presencia humana descubre un cielo sin contaminación lumínica o interferencias de otro tipo, con lo que se pueden obtener imágenes más precisas del cosmos. Por último, la larga noche invernal posibilita una observación ininterrumpida del espacio.

En la actualidad, el Telescopio Polo Sur es el observatorio más grande en el continente, y por lejos el más austral en el mundo. Ubicado muy cerca del polo geográfico y a casi 3 km sobre el nivel del mar, este telescopio, inaugurado en 2007, fue diseñado para registrar ondas de frecuencias extremadamente altas, las que dan pistas sobre el Big Bang que dio origen a nuestro universo.

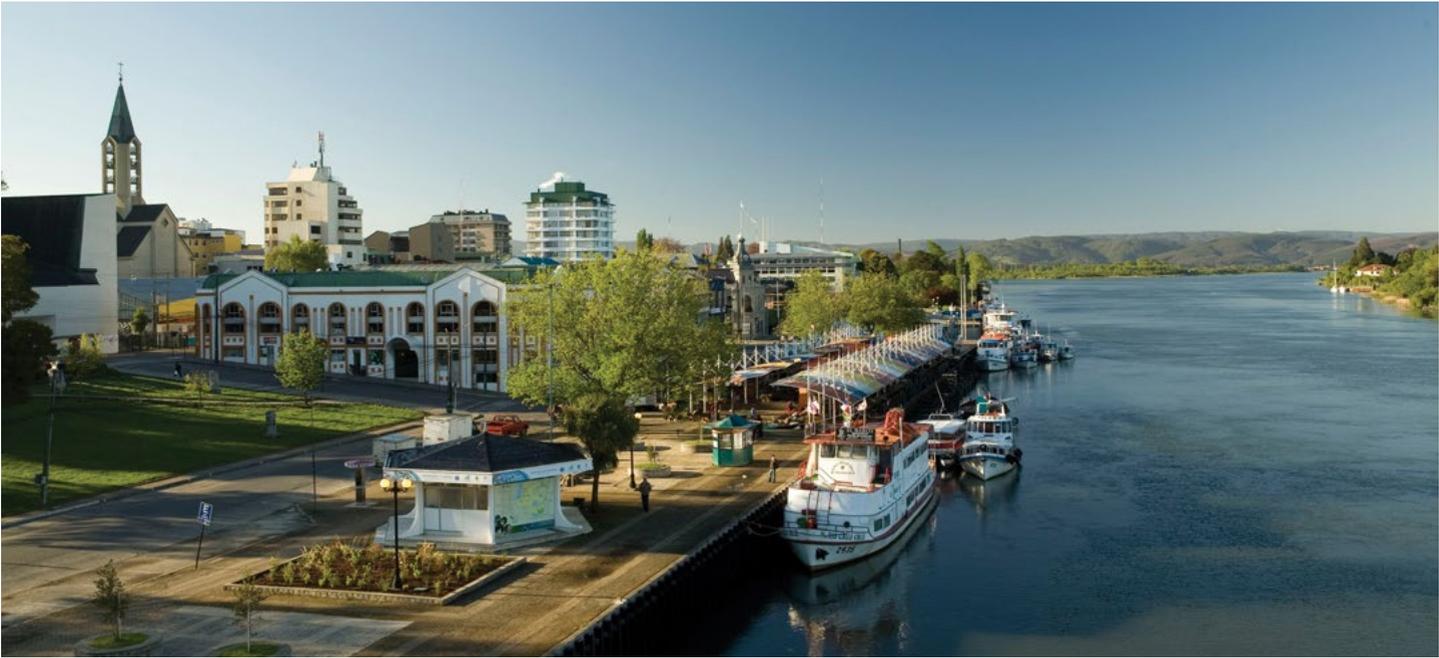
FOTO: TELESCOPIO POLO SUR. JOE PHILLIPS, NATIONAL SCIENCE FOUNDATION, UNITED STATE ANTARCTIC PROGRAM. [HTTPS://COMMONS.WIKIMEDIA.ORG/W/INDEX.PHP?CURID=9061179](https://commons.wikimedia.org/wiki/index.php?curid=9061179)

Antártica y Atacama

A pesar de las grandes distancias, las corrientes marinas de la Antártica expanden la influencia del Continente Helado hasta el extremo norte del país. Hace 30 millones de años, la Antártica comenzó un proceso de enfriamiento que afectó directamente a otras zonas en el planeta, gracias principalmente al intercambio de calor entre la corriente circumpolar antártica y la corriente de Humboldt. Estas aguas más frías y profundas emergen en varios lugares de la costa chilena, generando una gran productividad, pero al surgir a la superficie en la costa de Atacama, la enfrió tanto que inhibió la evaporación superficial que producía la nubosidad que humectaba el interior. En poco tiempo, la zona pasó de recibir 200 mm de precipitación anual a 20 mm, y después, con la elevación final de los Andes y el cese de las lluvias desde el oriente, Atacama pasó a convertirse en el desierto más seco del mundo. Este es solo un ejemplo de la dramática influencia que la Antártica tiene sobre la vida y el paisaje del lugar que llamamos Chile.







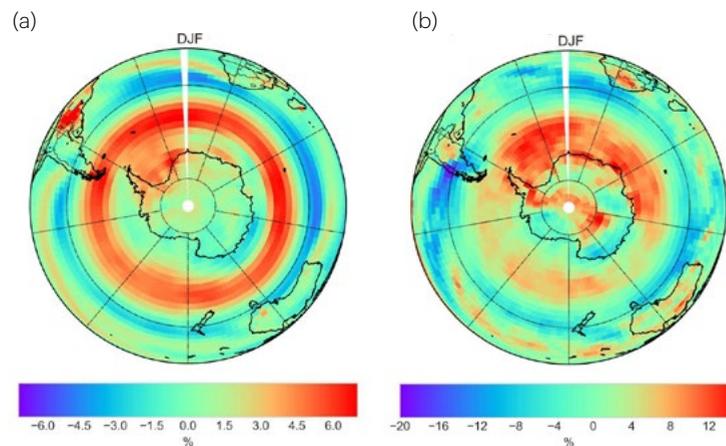
Valdivia, una de las zonas más lluviosas de Chile, podría ver modificados sus patrones de precipitaciones por efecto del cambio climático.

Influencia del agujero en la capa de ozono

La disminución de las precipitaciones en la zona centro-sur de Chile se debe, en buena medida, a fenómenos en el clima de la Antártica. El agujero en la capa de ozono, por ejemplo, ha derivado en cambios importantes en la composición de la atmósfera antártica, perturbando los patrones de viento, nubosidad y precipitaciones, particularmente, en el centro-sur de nuestro país.

Este agujero, que aparece sobre la Antártica cada año entre agosto y diciembre, desde fines de la década de los 70, provoca cambios en la circulación atmosférica en el hemisferio, los que generan, a su vez, anomalías en patrones de vientos, nubosidad y precipitación. En Sudamérica, estas anomalías han afectado particularmente la costa del Pacífico del sur, donde se han observado persistentes bajas en las precipitaciones en décadas recientes en el verano austral.

Los análisis muestran que el agujero de ozono antártico es responsable de hasta el 80 % de la actual tendencia negativa observada durante el verano en las precipitaciones de la zona centro-sur de Chile.



Cambios en intensidad de vientos a 2 m de altura (a) y precipitaciones (b), entre 1950-1980 y 1996-2005, usando promedios de modelos climáticos globales CMIP5 durante el verano austral (diciembre a febrero).



Durvillaea antarctica (cochayuyo) flotando a la deriva en altamar.

Especies viajeras

El aislamiento del continente antártico no ha sido total, pues existen reportes de «viajes» tanto por aire y por mar de algunas especies, sin considerar, por otro lado, el transporte de organismos que ha sido facilitado por vía antrópica (barcos y aviones).

Gracias a recolecciones en el continente, se ha establecido la presencia de polen de plantas terrestres y hongos que se cree fueron transportados por el aire hasta el continente. También es probable que algunas aves migratorias sirvan como «transporte» para otros organismos. Se ha reportado, por ejemplo, la presencia de larvas de crustáceos en las patas del albatros errante *Diomedea exulans*, ave que puede realizar viajes oceánicos de más de un mes y recorrer hasta 15.000 km.

Por otra parte, gracias a análisis de muestras y comparaciones con otras especies se han descubierto trozos de algas varados en la Antártica que se habían desplazado desde las islas Kerguelen, en el océano Índico meridional, y desde las islas Georgias del Sur, en el Atlántico sur, recorriendo más de 20.000 km, gracias al proceso conocido como rafting o viaje a la deriva por la superficie del mar. Otros nuevos "visitantes" son choritos (mitilidos) detectados en bahía Fildes y algunas especies de insectos.

Estos hallazgos son evidencia de que es factible el cruce de las barreras físicas que aíslan la Antártica. También es preocupante, pues si las plantas y los animales flotan y arriban en forma frecuente, es probable que también sean capaces de establecerse si las condiciones para ello se vuelven más favorables debido al cambio climático.



Mapa que muestra el punto donde se encontraron los trozos de cochayuyo (estrella) y los lugares desde los cuales comenzaron el viaje: islas Kerguelen y las islas Georgias del Sur. FSA: Frente Sub-Antártico FPA: Frente Polar Antártico ESCCA: Frente Sur Corriente Circumpolar Antártica.

La propiedad de reflejar la luz solar hacia el espacio, conocida como albedo, cumple un rol vital en el balance energético global.



ALBEDO

El espejo del mundo

Aunque los niveles altos de albedo ocurren en todas las zonas nevadas o blancas de gran tamaño, como las cimas de las más altas montañas, el Ártico e incluso las nubes, el enorme tamaño de la Antártica la convierte en el más importante factor de reflejo de la radiación en el mundo.

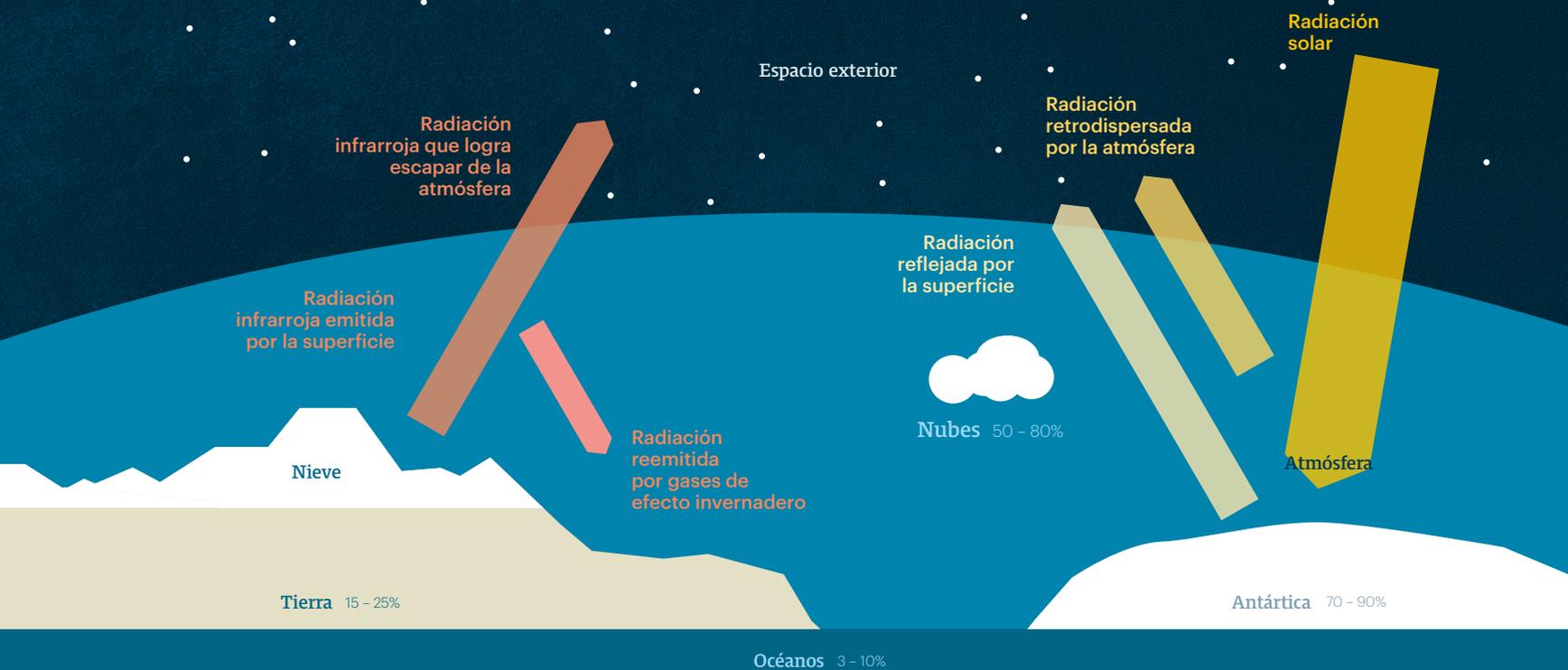
Mientras que los océanos mundiales reflejan apenas un 10 % de la radiación que reciben y las zonas de tierras pueden llegar a menos del 2 %, el interior del continente antártico es capaz de reflejar hasta un 90 % de la luz que toca su superficie, mientras que sus mares circundantes tienen un albedo cercano al 50 % gracias a la presencia de hielo marino.

Este fenómeno ayuda a regular la temperatura del continente y evita que el planeta absorba demasiada radiación, que queda atrapada en la atmósfera debido a los gases de efecto invernadero. Si el nivel de hielo y nieve en la Antártica se reduce demasiado, podría ocasionar un efecto en cadena que tendría graves consecuencias: al disminuir la superficie blanca de la Antártica, la tierra y los mares reflejarán menos radiación y la absorberán en su interior, lo que, a su vez, aumentaría la temperatura en el planeta y aceleraría el derretimiento de los hielos.



El glaciólogo Ricardo Jaña (INACH) haciendo mediciones atmosféricas en el sector del glaciar Unión.

FOTO: PROV. CASA

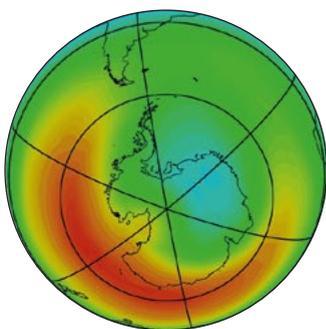


Porcentajes aproximados de reflexión. Fuente: <http://www.eskp.de>

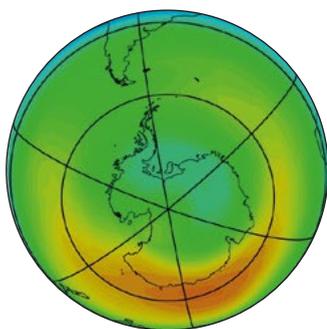
Una atmósfera frágil

Aunque no es correcto decir que la Antártica es un continente aislado del resto del planeta, sus especiales características climáticas y la poca presencia humana le permiten tener una atmósfera única en el mundo.

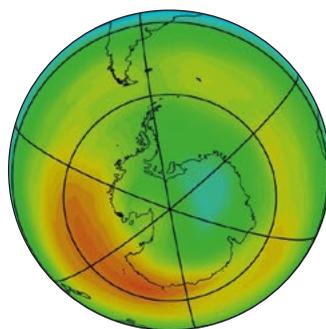
Ozono total antártico



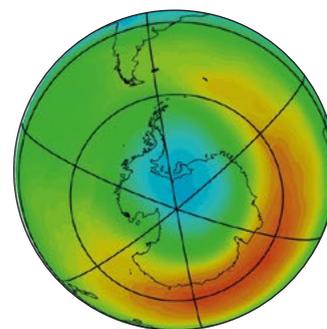
Año 1970



Año 1971



Año 1972



Año 1979

¿Qué tan limpios son los cielos antárticos?

Si bien en todo el mundo se ha registrado un aumento de la presencia de dióxido de carbono atmosférico, la Antártica ha mantenido históricamente niveles más bajos que el resto de los continentes. Esto se debe, sobre todo, a que los grandes productores de CO₂ se encuentran en el hemisferio norte, por lo que las partículas han tardado más en alcanzar el Continente Blanco.

Los últimos análisis atmosféricos realizados en el continente han mostrado, sin embargo, que esta aislación no es perfecta. Aunque bajos respecto de otras zonas, los niveles de CO₂ han aumentado considerablemente en las últimas décadas, hasta alcanzar una concentración de 400 partes por millón (ppm), el nivel más alto del que tenemos conocimiento en los últimos 800.000 años, gracias al estudio de testigos de hielo.

El ozono desaparece

El ozono es un gas de efecto invernadero presente en la atmósfera terrestre que desempeña un importante papel para el clima de la Tierra, gracias a que controla la temperatura estratosférica y nos protege de la radiación UV.

En forma natural, la capa de ozono estratosférico sobre la Antártica disminuye durante el invierno y se recupera durante el verano. Sin embargo, durante décadas los seres humanos lanzaron a la atmósfera toneladas de gases conocidos como CFC (clorofluorocarbonos). Estos gases fueron transportados por los vientos hacia los polos, donde se acumularon debido a las corrientes circumpolares y las bajas temperaturas, lo que quebró el delicado equilibrio y ensanchó notoriamente el peligroso agujero sobre el continente.

Para principios del siglo XXI, el agujero en la capa de ozono del continente llegó a crecer millones de kilómetros cuadrados, lo que significó un serio riesgo para la salud en el continente y sus alrededores, especialmente en Chile, su vecino más cercano.

Tras el descubrimiento de este fenómeno, acuerdos internacionales firmados en Montreal y Londres han llevado a una reducción del agujero en la capa de ozono. Actualmente, se avanza hacia la recuperación de la capa de ozono, la que debería verificarse en la segunda mitad de este siglo.

PARA SABER MÁS

• Artículo «La atmósfera de la Antártica alcanza una concentración de dióxido de carbono de 400 ppm»

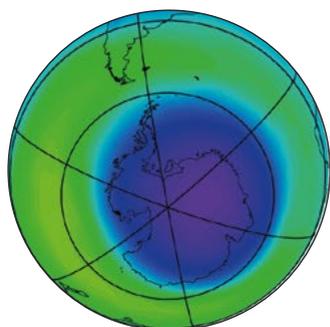


• Libro «Radiación Solar en Chile»

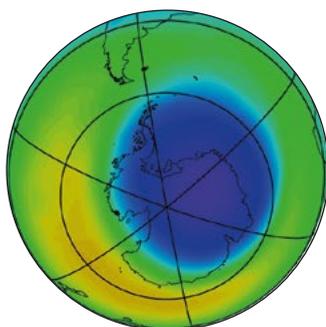


Los científicos Raúl Cordero y Sarah Feron (ambos de la Universidad de Santiago de Chile) retratados durante una campaña en la Estación Polar Científica Conjunta Glaciar Unión, a solo 1.000 km del polo sur.

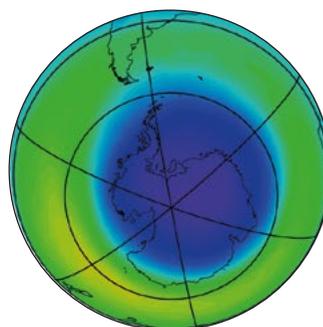
FOTO: F. TRUEBA / EFE



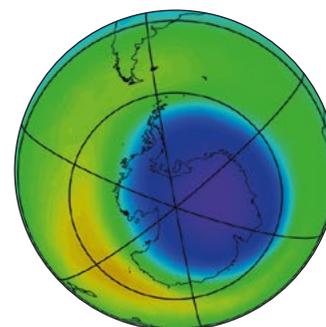
Año 2006



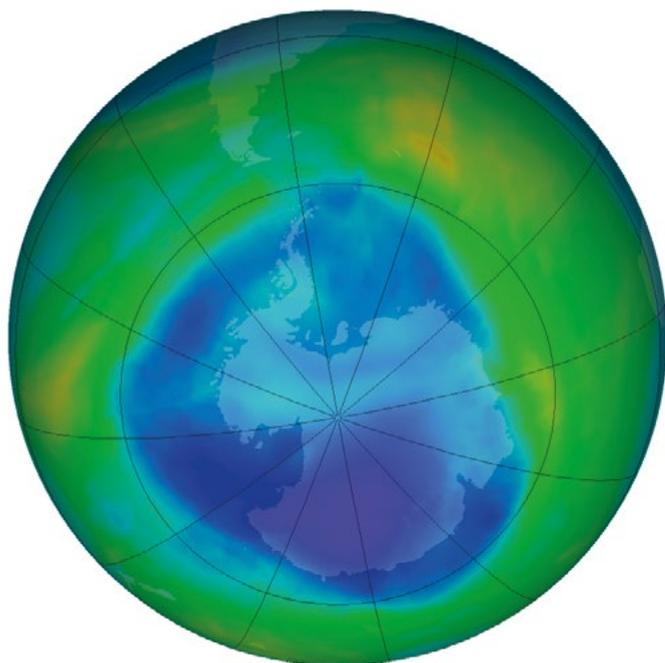
Año 2007



Año 2008



Año 2009



Año 2013

Observaciones satelitales muestran el crecimiento del agujero sobre la capa de ozono. Cada mapa es un promedio de octubre, el mes de más intensa reducción sobre Antártica. Los colores azulados y púrpuras indican niveles bajos de ozono, situación que se ha expandido desde los años 70.



Fuente: Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos: World Meteorological Organization Global Ozone Research and Monitoring Project - Report No. 52. Disponible en: <https://www.esrl.noaa.gov/csd/assessments/ozone/2010-twentyquestions/>

¿Cómo se forman los vientos catabáticos?

Los vientos catabáticos se forman por el movimiento del frío y denso aire en el centro de alta presión al interior del continente, justo sobre las elevadas superficies de hielo y montañas. Estas corrientes heladas bajan hacia las planicies de la costa, trayecto en el cual adquieren gran velocidad.

Durante el recorrido, el viento es empujado hacia la izquierda como resultado del efecto Coriolis, un fenómeno de movimiento de la atmósfera debido a la rotación de la Tierra. Por otra parte, en las zonas donde se encuentran hondonadas, canales o glaciares, este viento toma la dirección de su eje, con lo que aumenta la velocidad al pasar por lugares estrechos.

Los vientos en la Antártica son capaces de alcanzar velocidades de más de 320 km/h.



Movimiento de los vientos sobre el continente.

La superficie enfría el aire y lo hace descender, alcanzando gran velocidad

+ 300 km/h

CASQUETE POLAR

OCÉANO

Comparación de la velocidad entre los vientos y vehículo humanos

Vientos Catabáticos
300 km/h



Fórmula 1
300 km/h



Motocicleta
100 km/h



Bicicleta
15 km/h

Las ventiscas asociadas a sistemas frontales son bastante comunes en toda la zona de la península Antártica, incluyendo los archipiélagos vecinos. Con una duración que puede variar de algunas horas a varios días, estas ventiscas suelen alcanzar velocidades por sobre los 50 nudos (92 km/h).



¿Qué es el cambio climático?



El calentamiento global es un síntoma de un problema mayor denominado "cambio climático", que aborda, además de la mayor temperatura promedio planetaria, sus efectos, tales como el derretimiento de glaciares, la acidificación de los océanos o eventos climatológicos como intensas lluvias o períodos de sequías.

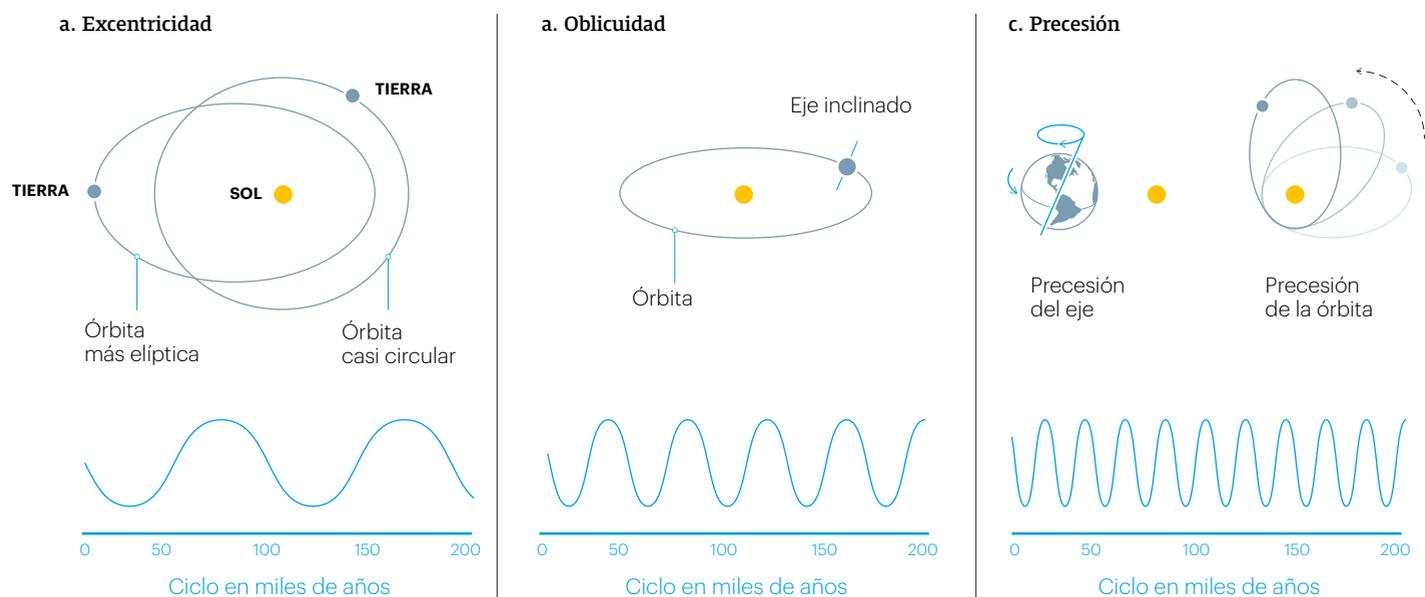
En cada ciclo, las temperaturas globales han aumentado y descendido cerca de 5 °C, por lo que la Tierra ha transitado entre períodos fríos o glaciares con duración de aproximadamente 100.000 años y períodos cálidos o interglaciares, con duración de 10.000 a 20.000 años, en el último millón de años.

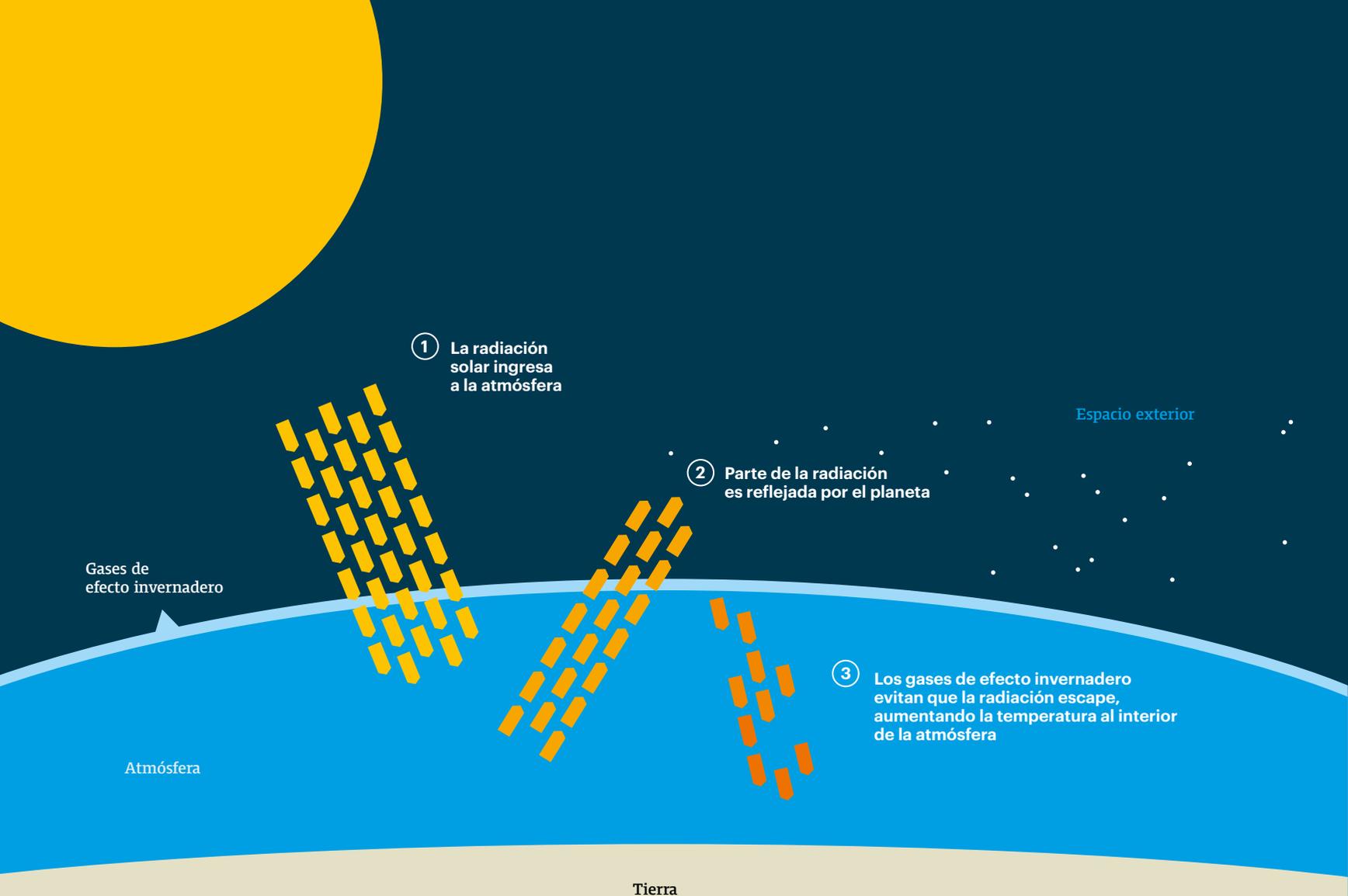
Estos ciclos glaciares ocurren debido a cambios regulares en la órbita terrestre alrededor del sol, conocidos como ciclos de Milankovich, los cuales alteran la intensidad de la energía solar que el planeta recibe.

Si bien el clima global se ha mantenido relativamente estable en los últimos 10.000 años,

las actividades humanas como la quema de combustibles fósiles y la deforestación han tenido gran influencia en el clima terrestre, por lo que se han transformado en agentes de cambio de fuerza comparable a la de los procesos naturales. El Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) indica que el efecto de la acción humana desde 1750 ha tenido como consecuencia un aumento de la temperatura del planeta, debido al incremento de dióxido de carbono principalmente, pero también a la emisión de metano y óxido nitroso, gases emitidos por las actividades productivas y que atrapan calor en la atmósfera, provocando el efecto invernadero

Ciclos de Milankovich





¿Por qué ocurre el efecto invernadero?

El aumento en el último siglo de gases como el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O) intensifica fuer ade proporción lo que normalmente es un fenómeno natural, en el que los gases presentes en la atmósfera actúan como pequeños cristales o espejos que reflejan de regreso a la Tierra la radiación que proviene del Sol e intenta escapar al espacio.

El dióxido de carbono es el principal gas de efecto invernadero que afecta al equilibrio radiativo de la Tierra. Es también un sub-producto de la quema de combustibles fósiles y biomasa, además de cambios en el uso de suelos, entre otros procesos industriales.

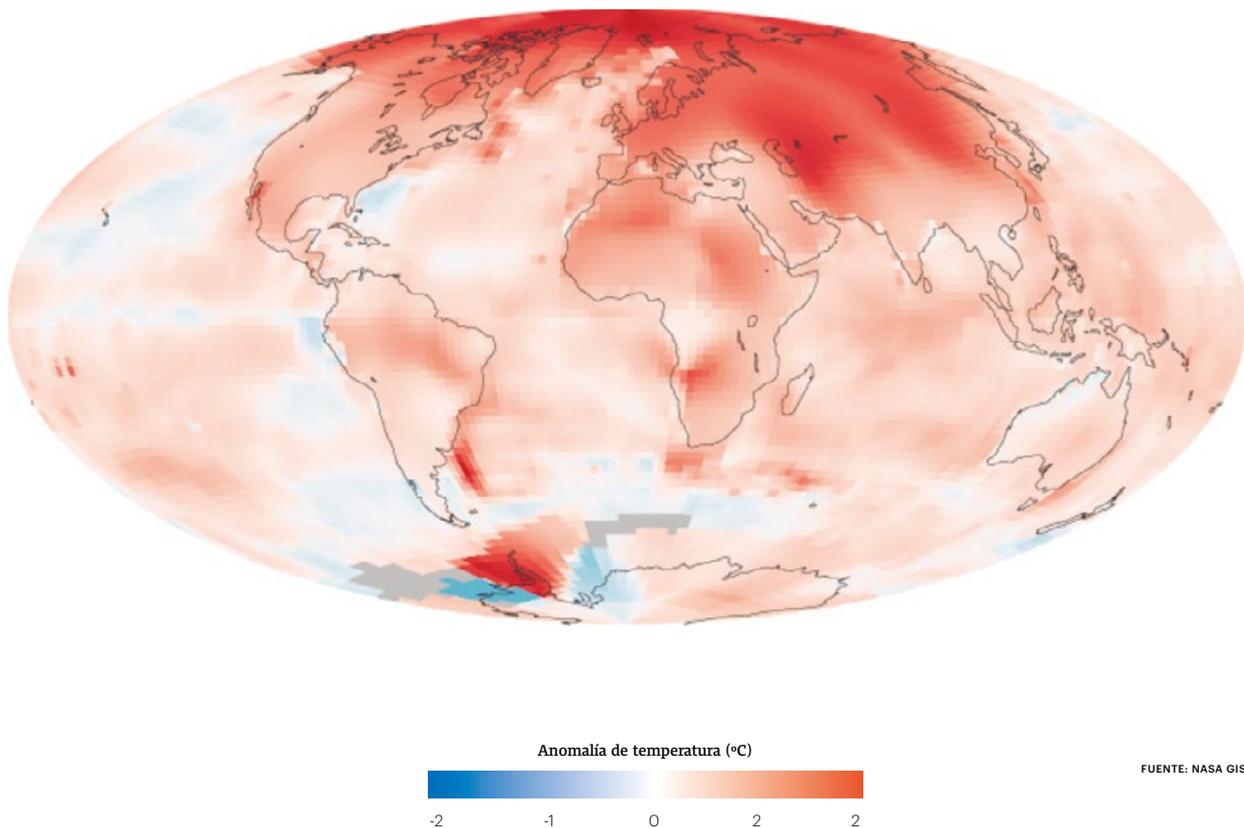
Entre 2015 y 2019, se ha observado un aumento continuo de casi 20 % en los niveles de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero, superior al período 2010-2014.

Calentamientos más extremos

El cambio climático no afecta a todas las zonas del planeta de igual manera. Los polos sufrirán efectos más pronunciados que el resto del mundo en su temperatura

Uno de los fenómenos más importantes para entender las diferencias entre los distintos ecosistemas que encontramos en el mundo es el de la amplificación polar. Este fenómeno, descubierto primero gracias a las investigaciones de Alexander von Humboldt, señala que las variaciones y promedios de temperatura no son iguales en todo el planeta: mientras que cerca de la línea del Ecuador el promedio de temperatura es más alto y disminuye menos durante el invierno, a medida que nos movemos hacia los polos, tanto los promedios como las variaciones tienden a exagerarse hacia la baja. En otras palabras, al llegar a la zona antártica, la temperatura general es más baja y los inviernos notablemente más fríos que en otras partes del mundo, lo que lleva a la formación de hielos eternos.

Una consecuencia de este fenómeno es que las zonas polares se ven mucho más afectadas por el calentamiento global, debido a que los cambios en la temperatura y sus variaciones son mucho más pronunciados y rápidos. Por una parte, esto acelera las consecuencias del cambio climático en la región, lo que trae importantes consecuencias en su ecosistema. Por otra parte, este fenómeno exagerado nos permite medir y predecir con más facilidad los impactos presentes y futuros que tendrá el cambio climático en todo el planeta.



El gráfico muestra la tendencia de temperatura registrada en el período 2000-2009, donde se muestra una fuerte amplificación polar.

Olas de calor

Cada año, numerosos grupos de científicos y científicas, apoyados por INACH, se trasladan a la Antártica para estudiar las variaciones en el calor del continente y sus posibles efectos sobre los ecosistemas antárticos.

Las investigaciones han monitoreado el océano y la atmósfera con sensores en boyas y anclajes en el océano, para estudiar cambios de temperatura, la salinidad, oxígeno y clorofila. Además, utilizan estaciones meteorológicas en las que se monitorean variaciones en el viento, la temperatura, la presión, la humedad y más. Así, buscan recopilar información sobre las olas de calor, fenómenos meteorológicos extremos en comparación con las condiciones normalmente frías de la península Antártica occidental.

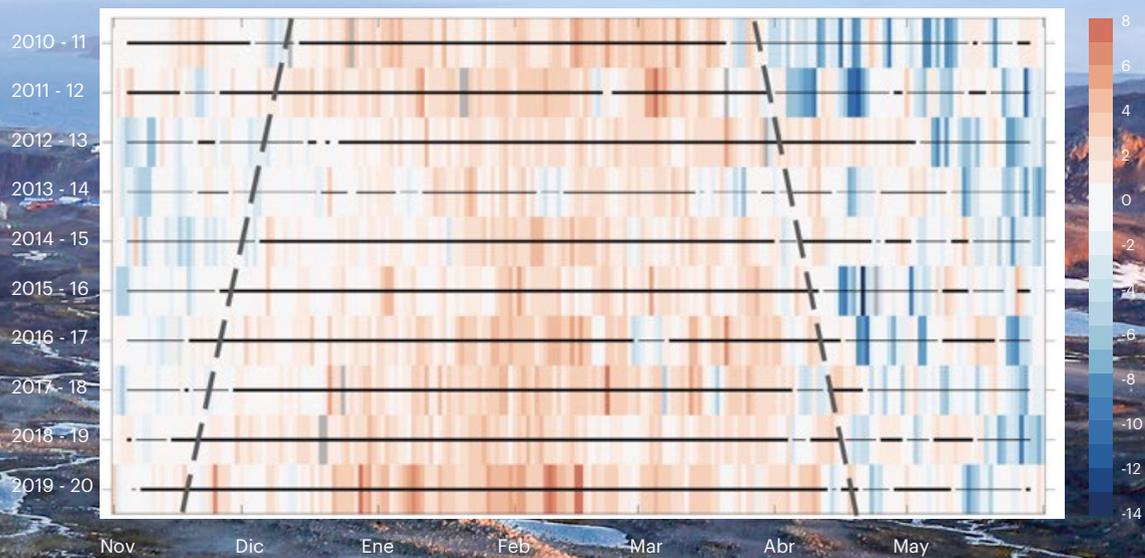


Al enfocarse en las temperaturas en las islas Shetland del Sur observaron que tras el período de calentamiento en 1970-1990 y enfriamiento en 1990-2014, los últimos veranos exhiben una tendencia positiva, lo que ha inducido una progresiva extensión y un sostenido aumento de las temperaturas estivales. Además de esto, advierten que en la Península ha habido otras manifestaciones de eventos extremos, cuya atribución al cambio climático antropogénico es materia de estudio.

El 6 de febrero de 2020 se midió en la base Esperanza un récord de 18,3 °C para el continente antártico. En tanto, el 5 de agosto de 2021 se midió una temperatura de 5,1 °C en base Frei, batiendo por más de 2 °C el récord para el mes de agosto ocurrido en 1993.

Las olas de calor podrían desencadenar el derretimiento del hielo continental, lo que, a su vez, podría aumentar el ingreso de agua dulce y nutrientes litogénicos al océano, cambiando la salinidad, la estratificación y otras variables por estudiar en las escalas local y regional. Eventualmente, esto podría impactar el florecimiento de microalgas, lo que podría desencadenar otros efectos sobre la trama trófica antártica.





El gráfico presenta el registro diario de temperatura del aire entre noviembre y mayo en la base Eduardo Frei Montalva. Los resultados señalan que los períodos de calor se extienden cada año. Las flechas indican las cuatro olas de calor ocurridas entre 2019 y 2020.

La Antártica se derrite

El aumento del nivel del mar es una de las más preocupantes consecuencias del cambio climático actual, en especial para la población que habita áreas costeras. Particularmente, la Antártica contiene un volumen de agua dulce de 26.920.000 km³. A través de modelos se muestra que la Antártica potencialmente contribuirá en cerca de un metro al aumento del nivel del mar para el año 2100 y alrededor de 12 m para el año 2500 en un escenario en el que continúan las altas emisiones de gases de efecto invernadero.

20 septiembre, 2019

La tasa promedio de pérdida de hielo en esta región se ha incrementado en dos décadas. El deshielo ha pasado de 0,08 milímetros por año (equivalente al aumento del nivel del mar global) en el período 1992-2001, a 0,4 milímetros por año durante el período 2002-2011.

De acuerdo con el quinto informe de evaluación del IPCC, el derretimiento del manto de hielo y de las plataformas de hielo flotantes del continente se concentra en la zona norte de la península Antártica y la región occidental del mar de Amundsen.

Las plataformas de hielo flotante siguen una tendencia de retroceso y desplome parcial que comenzó hace décadas. La Organización Meteorológica Mundial afirma que el 87 % de los glaciares de la península ha retrocedido en los últimos 50 años. Los estudios indicarían que el calentamiento del océano en esta región y el aumento de transporte de calor por la circulación oceánica son responsables de la aceleración del derretimiento. A nivel global, este calentamiento tendría importantes consecuencias: si colapsan las plataformas de hielo de Groenlandia y Antártica occidental, el nivel del mar subiría unos 10 metros.

Dada la sensibilidad de la Antártica occidental al calentamiento del océano, durante el siglo XXI podría esperarse una disminución del

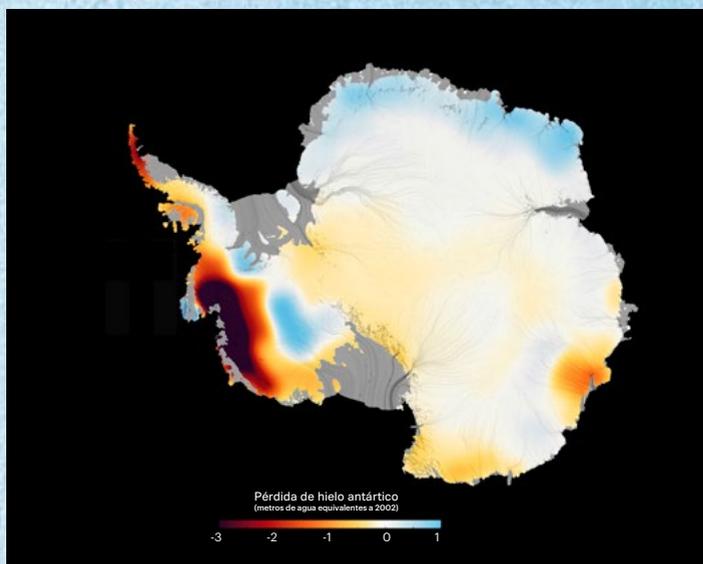
manto de hielo en la zona si la temperatura promedio aumenta 2 °C durante las próximas décadas, que es el límite propuesto durante el Acuerdo de París. Además, las simulaciones climáticas indican que los mantos de hielo en esta región se redujeron en períodos más cálidos que el actual durante de los últimos millones de años, por lo que podría esperarse un comportamiento similar ante un escenario de aumento de temperaturas. Por ejemplo, hace 125.000 años, cuando la temperatura de la Tierra era ligeramente superior a la actual, los niveles del mar eran entre 6,5 y 8 metros más elevados.

El equivalente aproximado a tres metros del nivel global del mar que corresponde al manto de hielo de la Antártica occidental está asentado sobre áreas con un fondo rocoso inclinado y podrían volverse inestables ante el aumento de temperaturas, con la consecuencia de un deshielo masivo.

Dentro de las proyecciones para el siglo XXI se espera que el aumento del calentamiento en la península Antártica y en la Antártica occidental acelerará la precipitación en zonas costeras, debido al desplazamiento de las tormentas hacia el polo, junto a vientos del oeste más fuertes, que podrían intensificar la corriente circumpolar antártica y, por lo tanto, transportar aguas cálidas hacia el continente antártico y bajo el hielo flotante.

Imágenes del satélite Sentinel 1 muestran cómo se desprendió el gigantesco iceberg D28 de 1.580 kilómetros cuadrados en la plataforma Amery, durante septiembre de 2019.

25 septiembre, 2019



El casquete polar antártico ha cambiado en los últimos años. Observaciones realizadas por la NASA indican que entre 2002 y 2016, la Antártica perdió aproximadamente 125 gigatoneladas de hielo por año, provocando un aumento del nivel global del mar de 0,35 milímetros por año. En la imagen creada con datos de GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) por la NASA, los tonos naranja y rojo indican áreas que perdieron masa de hielo, mientras que las sombras azules indican áreas que ganaron masa glaciar. El blanco indica áreas donde ha habido muy poco o ningún cambio en la masa glaciar desde 2002. En general, las áreas cercanas al centro de la Antártica experimentaron pequeñas cantidades de cambio positivo o negativo, mientras que la capa de hielo de la Antártica occidental experimentó una pérdida significativa de masa glaciar (rojo oscuro) durante el período de 14 años. Las plataformas de hielo flotante están en gris debido a que no pueden ser medidas por GRACE y no a que no tengan pérdidas.

IMÁGENES: NASA'S GODDARD SPACE FLIGHT CENTER

FUENTES: PANEL INTERGUBERNAMENTAL SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC), INFORME DE SÍNTESIS DEL QUINTO INFORME DE EVALUACIÓN (2014). [HTTP://WWW.IPCC.CH/PDF/ASSESSMENT-REPORT/AR5/SYR/AR5_SYR_FINAL_SPM_ES.PDF](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/ar5_syr_final_spm_es.pdf)
ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL, METEOROLOGÍA POLAR: COMPRENDER LOS EFECTOS A ESCALA MUNDIAL (2007) [HTTPS://LIBRARY.WMO.INT/PMB_GED/WMO_1013_ES.PDF](https://library.wmo.int/PMB_GED/WMO_1013_ES.PDF)

IMÁGENES: PROGRAMA COPERNICUS, AGENCIA ESPACIAL EUROPEA (ESA)





70	Diversidad biológica
72	Adaptaciones de las especies al frío
74	Gigantismo y enanismo
76	Bacterias y microorganismos
78	Parásitos
80	Líquenes, musgos, algas y hongos
82	Vida de las plantas superiores
86	Colonos inesperados en el continente
88	Productividad en el océano Austral
90	El kril, una pieza clave
92	Comer y ser comido
94	Peces
96	Los acuarios gemelos
98	Aves
106	Mamíferos

Vida en el frío

Complejas interacciones

La gran mayoría de las especies animales y vegetales solo son capaces de sobrevivir en los bordes del Continente Helado, donde tienen acceso a tierra libre de hielo, los nutrientes que provee el mar y el acceso a rutas de migración hacia zonas más cálidas.

Por ello, muchos de estos organismos conviven en espacios relativamente pequeños, lo que en ocasiones los obliga a colaborar y en otras a competir por los alimentos. La persistencia de estas interacciones durante millones de años ha permitido formar frágiles equilibrios para sobrevivir en tan duras condiciones.



Peces

Llegadas hace millones de años provenientes de aguas más cálidas, hoy existen cientos de especies antárticas endémicas al continente, con todo tipo de formas, tamaños y colores, pero siempre adaptadas para el frío y la oscuridad.

Zooplankton

El kril antártico es la especie más común en el océano y la clave para la sobrevivencia del ecosistema.

Ballenas

Las ballenas aprovechan la abundante vida marina antártica para alimentarse durante sus rutas migratorias.

Microorganismos

Un universo de criaturas microscópicas sobrevive en la Antártica, habitando cerca de los pocos recursos posibles: el mar, la tierra, las plantas, los animales y sus desechos.

Aves voladoras

Realizan largos viajes hasta la Antártica para anidar y cazar. Suele vérselas en los roqueríos de las islas, las montañas y las costas del continente.

Plantas

La Antártica es un lugar difícil para que las plantas puedan prosperar. Solo dos especies de pequeñas plantas vasculares han podido hacerlo en las zonas secas del continente, protegidas de la salinidad marina, el frío extremo y las largas noches sin sol durante el invierno.

Focas y lobos marinos

Capaces de ocupar tanto la tierra como el mar, estos mamíferos descansan, se reproducen y crían en las playas del continente y sus islas. Algunas, sin embargo, pueden adentrarse varios kilómetros por debajo de las capas de hielo marinas.

Pingüinos

Estas aves no voladoras comparten su tiempo entre las aguas heladas, la poca tierra disponible y las zonas cubiertas de hielo. Algunas de estas especies son las únicas que se atreven a adentrarse más al interior durante sus períodos de apareamiento.

Líquenes, musgos, hongos y algas

Pueden ser encontrados en las escasas zonas libres de hielo en la periferia antártica, donde han evolucionado para prosperar a pesar del frío extremo y la falta de luz durante el invierno.

La paradoja de perder para ganar

Durante millones de años, la Antártica ha mantenido un ambiente de bajas temperaturas, por lo que las especies que la habitan se han adecuado a vivir bajo estas condiciones extremas. Sin embargo, las mismas estrategias que han utilizado para sobrevivir podrían hacerles imposible adaptarse rápidamente a un nuevo escenario de cambio climático.

Las condiciones extremas del Continente Helado hacen imposible la vida para especies que prosperarían en gran parte del planeta. Para adaptarse a las condiciones heladas en las aguas y tierras australes, muchos de los organismos que allí habitan necesitan producir moléculas llamadas péptidos (proteínas) anticongelantes, que evitan la formación de cristales de hielo en las bajas temperaturas del océano Austral para proteger sus células, tejidos y funciones fisiológicas. Esta es una estrategia que han adoptado tanto especies marinas como plantas y bacterias antárticas.

Por otro lado, adaptarse al frío no siempre significa hacer algo nuevo, sino que en muchas ocasiones implica perder un elemento normal en especies de temperaturas más cálidas. Por ejemplo, la gran cantidad de oxígeno presente en el océano Austral debido al poco calor de sus aguas hizo innecesario que muchos peces antárticos expresen proteínas como la hemoglobina y la mioglobina, que normalmente transportan el oxígeno en la sangre y le dan su característico color rojizo. Por ello, estas especies tienen sangre transparente y corazones de mayor tamaño, además de un número reducido de glóbulos rojos. Otro ejemplo son las llamadas «proteínas de estrés térmico», que varios organismos marinos antárticos sólo expresan de manera parcial, y que en caso de aumentos de temperatura protegen a otras proteínas para que no pierdan su función biológica.

Para estas especies, adaptarse a las bajas temperaturas significa también que les será difícil sobrevivir bajo temperaturas más elevadas. El impacto que puede tener un leve aumento de la temperatura del agua de mar en la Antártica podría generar un escenario complicado respecto de la capacidad de adaptación de algunos organismos marinos.

Un ejemplo de estos peligros es el erizo antártico (*Sterechinus neumayeri*), que científicos del INACH utilizaron como indicador de respuesta frente al cambio climático. Los resultados preliminares indican que las condiciones más cálidas causan un cambio en células claves para su respuesta inmune, junto con disminuir su capacidad de alimentación y de adherencia de las células. Estos efectos podrían hacer al sistema inmune de estos erizos menos eficaz para eliminar los patógenos.

Si los erizos pierden la capacidad para expresar genes inmunes claves para su defensa por efecto del calor, podrían dañar su capacidad de responder ante ciertos patógenos presentes en aguas marinas, como bacterias, hongos o virus.



Erizo antártico (*Sterechinus neumayeri*).

FOTO. D. SCHORIES



Organismos como las esponjas antárticas han debido modificar su material genético para adaptarse al frío extremo y la mayor presencia de oxígeno en el océano Austral, por lo que poseen características únicas en el mundo.

Detalle de *Sphaerotylus antarcticus*, una especie muy común en los fondos rocosos de la península Antártica.

FOTO: C. CÁRDENAS

Gigantismo y enanismo

Aunque las causas del gigantismo y el enanismo en la Antártica aún no son claras, una teoría propuesta por investigadores del Programa Nacional de Ciencia Antártica plantea que estos fenómenos podrían tener su origen no en presiones del ambiente, como ocurre en otros lugares, sino de ramas evolutivas que tuvieron un desarrollo exitoso en el continente antes y durante el proceso de congelamiento del Oligoceno y principios del Neógeno, hace aproximadamente 23 millones de años.



A un costado de la base científica Profesor Julio Escudero, el biólogo Marcelo González (INACH) sostiene un ejemplar de estrella de mar, donde es apreciable el enorme tamaño que pueden alcanzar algunos organismos en la Antártica.

Gigantismo

El gigantismo ocurre cuando una especie crece mucho más que miembros de otras especies similares. Si bien es un fenómeno que se da en la mayoría de los hábitats tanto terrestres como marinos, tanto en el Ártico como en la Antártica es mucho más común. Además, mientras en otras partes del mundo el gigantismo suele ocurrir en aguas profundas, en el continente no es raro que ocurra en aguas someras o de poca profundidad.

Enanismo

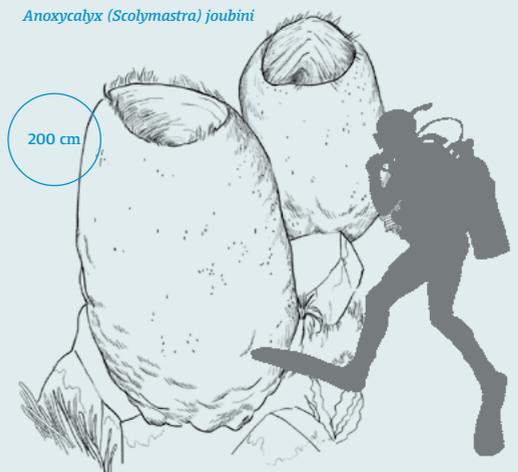
A diferencia del gigantismo, el fenómeno del enanismo en organismos antárticos ha sido mucho menos estudiado. Sin embargo, estudios paleontológicos en el continente han demostrado que forma parte de una tendencia que ocurre desde al menos el Mioceno. Es un fenómeno común en buena parte del océano Austral, pues ha sido descrito en bivalvos, braquiópodos, chitones, gastrópodos y peces.

Ejemplos de gigantismo

Cerca de un tercio de los crustáceos en los océanos del sur tienen dos veces el tamaño promedio de su género animal.

El gusano nemertino suele alcanzar hasta 2 m de largo y una masa corporal de 100 g, lo que lo convierte en uno de los más grandes del planeta.

Las arañas marinas (Pignogónidos) pueden llegar a medir hasta 75 cm de largo en las aguas antárticas, mientras que en aguas templadas solo alcanzan los 2,5 cm de largo.



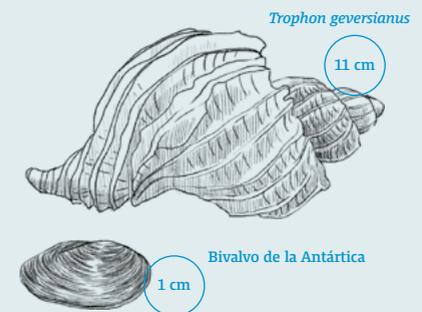
Algunas especies de esponjas vítreas alcanzan grandes tamaños. Una de ellas, *Anoxycalyx (Scolymastra) joubini*, puede alcanzar 2 m de altura y 1,5 m de diámetro.

Ejemplos de enanismo

Más del 60% de las especies de bivalvos en la Antártica tienen una concha no más grande que 1 cm.

Los bivalvos de la Antártica son los más pequeños del mundo.

En contraposición, el *Trophon geversianus*, un gastrópodo que habita en el sur de Chile hasta el centro de Argentina, puede llegar hasta los 11 cm de altura.



PARA SABER MÁS

• BACH, vol. 31, n° 1, 2012.



Bacterias y microorganismos

Tal como ocurre en prácticamente todo el planeta, en la Antártica existe una gran diversidad de bacterias y microorganismos especialmente adaptados para las condiciones climáticas a las que están expuestos. Estos seres prácticamente invisibles cumplen tareas de vital importancia en el reciclaje de nutrientes y en la mantención de los ecosistemas, por lo que es imperativo estudiarlos para entender su relación con el entorno y los riesgos que representan los cambios en su hábitat natural.

Durante mucho tiempo se creyó que las condiciones climáticas extremas de la Antártica hacían imposible que hubiera una gran diversidad de microorganismos. Sin embargo, las investigaciones realizadas en el continente han demostrado que las comunidades bacterianas pueden ser muy diversas, en especial en zonas colonizadas por aves y mamíferos, ya que ellos transfieren nutrientes desde el medio marino al medio terrestre.

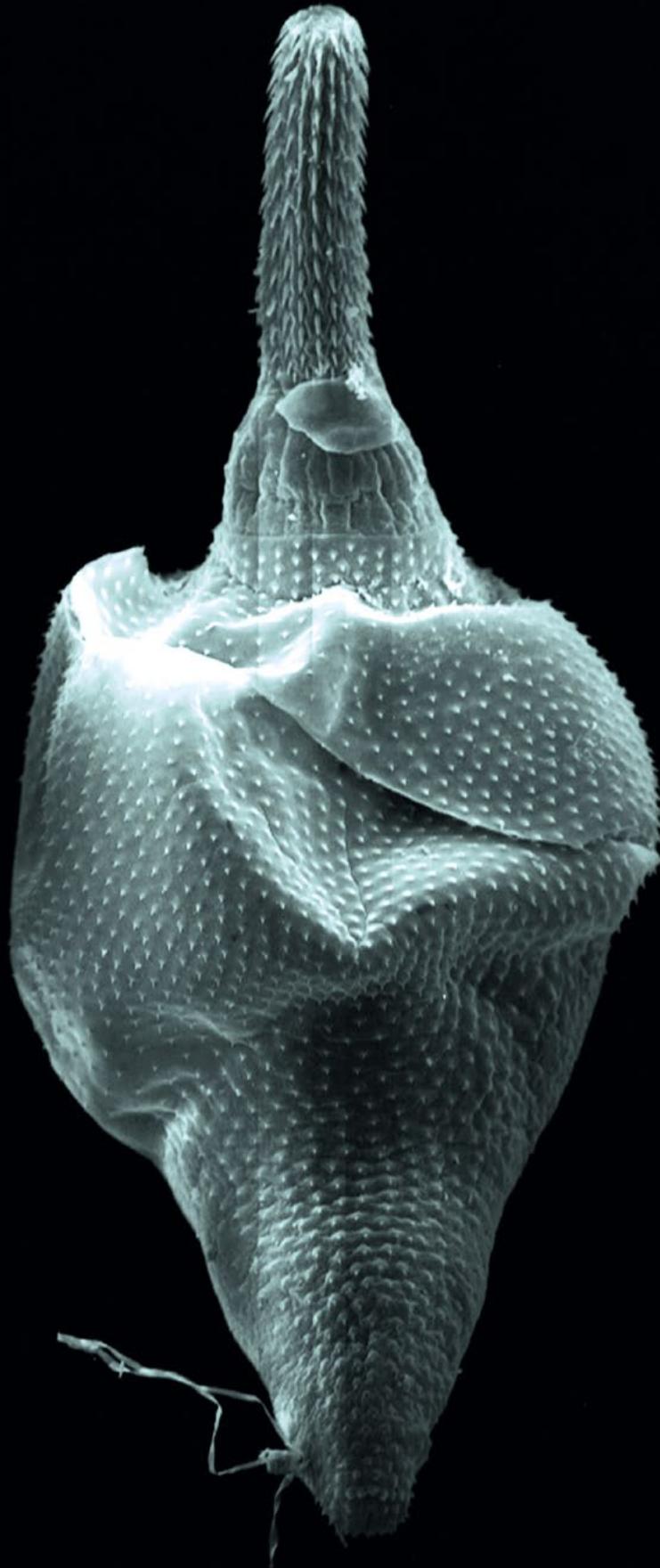
En el Continente Helado podemos encontrar los llamados sicrófilos, microorganismos que están especialmente adaptados para sobrevivir en bajas temperaturas, pero también los llamados termófilos e hipertermófilos, que prefieren más calor; los xerófilos, organismos que resisten la desecación, y los halófilos, que viven en altas concentraciones de sales, entre otros.

¿De qué se alimentan estas especies? Algunas investigaciones del Programa Nacional de Ciencia Antártica han identificado la importancia que tienen las deposiciones de animales marinos, que pueden influenciar las propiedades fisicoquímicas del suelo. En especial, depósitos como el guano de aves y las fecas de mamíferos enriquecen el suelo de carbono orgánico, nitrógeno y fósforo, condiciones en las que una amplia gama de microorganismos puede prosperar.

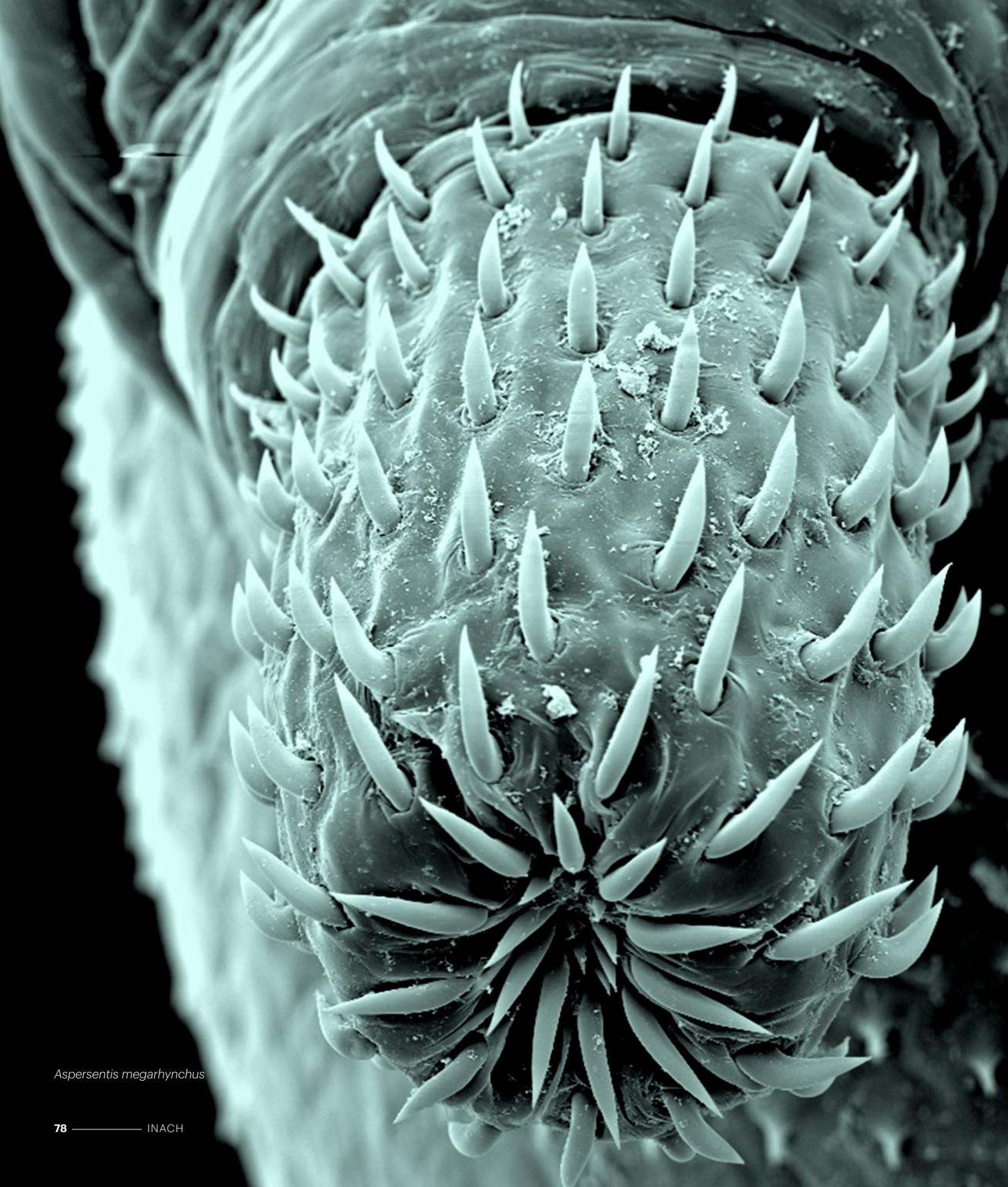
El océano, por su parte, es otro ambiente en el que los microorganismos pueden encontrar los recursos necesarios para su subsistencia. El papel de los organismos conocidos como diazótrofos marinos (bacterias y cianobacterias fijadoras de nitrógeno) es fundamental en las aguas heladas, ya que son capaces de sintetizar su propio alimento a través de la fotosíntesis, en la que se usa la energía del sol para transformar el dióxido de carbono de la atmósfera en carbono disponible para el resto de las especies. Durante el verano antártico, los microorganismos poseen cerca de 20 horas de luz solar para realizar este proceso, pero en el invierno pueden llegar a contar con apenas dos horas de luz.

Varias investigaciones financiadas por el INACH han investigado para descubrir cuáles son los microorganismos capaces de realizar fotosíntesis en verano y en invierno, y entender cómo las comunidades de microorganismos fotosintéticos cambian y responden frente a las diferencias en cantidad de luz solar que se presentan entre estaciones en la Antártica.

En el Continente Helado podemos encontrar los llamados sicrófilos, microorganismos que están especialmente adaptados para sobrevivir en bajas temperaturas, pero también los llamados termófilos e hipertermófilos.



Corynosoma sp.



Aspersentis megarhynchus

Parásitos

Los parásitos son uno de los grupos zoológicos que han recibido menor atención al evaluar la biodiversidad en distintos ambientes.

Sin embargo, las especies parasitarias son piezas claves en la biodiversidad de distintos ecosistemas, debido a su papel regulador sobre las poblaciones donde hospedan y en la estructuración de sus comunidades.

IMÁGENES: L. CÁRDENAS

Un parásito es un organismo que vive dentro o sobre otro ser vivo (hospedador) durante un tiempo considerable de su ciclo de vida, y se alimenta de él sin matarlo. Forman un gran número de grupos taxonómicos y se encuentran en todos los ecosistemas, al punto que representan al menos el 40 % de las especies conocidas y doblan la riqueza de especies que sus hospedadores vertebrados.

Garrapata de aves marinas (*Ixodes uriae*)

La garrapata de aves marinas afecta a distintas aves en todo el mundo y, en el caso especial de la Antártica, a los pingüinos. Algunos de los efectos que este parásito tiene en su huésped es la demora en el crecimiento de polluelos, cambios en las dinámicas de las colonias e incluso puede producir la muerte de aves jóvenes y adultas. Por otro lado, esta garrapata suele transmitir enfermedades, como es el caso de bacterias responsables de la enfermedad de Lyme, además de una serie de virus que afectan a los pingüinos. En la actualidad, se sabe que estos parásitos

están presentes en las islas subantárticas y el archipiélago Palmer, pero hay poca información sobre su ubicación en la península Antártica o las islas Shetland del Sur. Debido al aumento de las temperaturas en el continente en las últimas décadas, esta garrapata se ha encontrado con mejores condiciones de crecimiento, por lo que podría ocasionar mayores problemas.

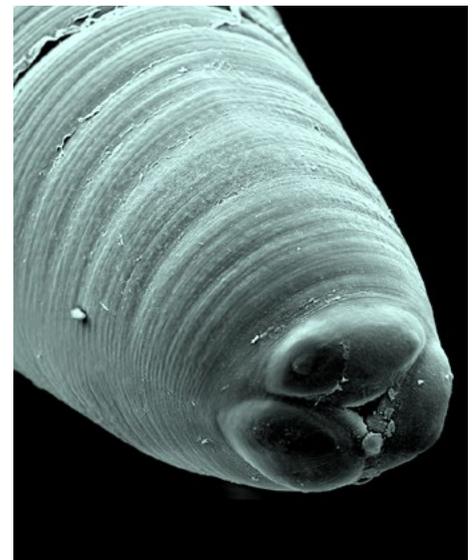
Nemátodos, acanthocephalos, céstodos, digeneos e isópodos

Son parásitos que están presentes, sobre todo, en peces antárticos. Por otro lado, muchos de los parásitos, en especial los endoparásitos, tienen ciclos de vida que incluyen más de un hospedador. El traspaso de un hospedador a otro está determinado por puentes implícitos en las tramas tróficas de los sistemas donde ellos habitan.

Pseudobenedenia nototheniae



Anisakis sp.





Líquenes, musgos, algas y hongos

A pesar de ser un lugar tan inhóspito para la mayoría de las especies vegetales en el planeta, algunas han sido capaces de sobrevivir y prosperar tanto en la tierra sin hielo o nieve como en las aguas e incluso en el océano Austral. Muchas son únicas en el continente y, con muy pocas excepciones, no se han visto obligadas a competir con especies introducidas por el hombre, lo que las ha mantenido a salvo de posibles extinciones o vulnerabilidad.

Los líquenes son las especies vegetales que mejor se han adaptado al clima antártico, pues sus más de 400 especies conocidas se han diversificado hasta cubrir distintos hábitats, como las que crecen encima de otras plantas hasta las que viven incrustadas en las rocas. Estas últimas son las que han sido encontradas más al interior del continente, a unos 450 km del Polo Sur.

Compañeros habituales de los líquenes en estas tierras son las cerca de 75 especies de musgos identificadas en el continente. Estas plantas no vasculares se despliegan en forma de cojines, césped o carpetas en zonas con mucha humedad, y pueden encontrarse en abundancia a lo largo de algunas islas, con lo cual dan un color verdoso a las planicies cercanas al mar. Otras crecen entre rocas, protegidas del viento y la sequedad. Un importante rol de los musgos en el ecosistema es que preparan el suelo para ser utilizado por otras plantas. Los musgos se presentan

en estado de gametofitos, es decir, no se reproducen por esporas. En algunos lugares, como en algunas islas, las comunidades de musgos suelen ser extensas y proporcionan un color verdoso a ciertas planicies onduladas cercanas al mar. Los musgos suelen presentarse en formas calificadas como cojines, en céspedes y en carpetas.

Las otras especies vegetales más comunes son las algas, de las cuales el 33% es endémico: en distintas partes del continente podemos encontrar algas terrestres, de aguas continentales, de las nieves y algas marinas. Las primeras suelen ser reconocidas por su color verde o verde-azulado, y pueden ser unicelulares, pluricelulares o vivir en forma de colonia, pero todas se han adaptado a vivir en ambientes aéreos, aunque con mucha humedad. Por su parte, existe un gran número de algas antárticas en aguas continentales y principalmente crecen sumergidas en la ribera de lagos o pozas.

Las algas de las nieves pueden ser encontradas sobre todo durante la primavera y verano antárticos, y pueden ser de color rojo, verde o amarillas, lo que da una tonalidad característica a la nieve. Son algas microscópicas que usan la escasa radiación solar de los meses más favorables para sobrevivir en sus microhábitats, los que sumados presentan extensiones de varios metros sobre la nieve o hielo.

Finalmente, las algas marinas son las más abundantes en especies y se hallan formando parte del plancton. Estas algas se fijan a distintos substratos, ya sea sobre rocas (epilíticas) o sobre plantas (epífitas) e incluso sobre animales (epizoicas), como aquellas que crecen sobre las jaibas en latitudes más bajas.

Junto a estas especies vive también un número similar de especies de hongos. De ellas, unas 10 son formas macroscópicas que crecen entre los musgos durante el corto verano antártico, mientras que el resto corresponde a hongos microscópicos. Todas ellas han sido halladas solo al norte de los 65° S, en lugares como la isla Elefante, la isla Rey Jorge y el cabo Shirreff, en isla Livingston.

Uno de los efectos del cambio climático global podría ser un incremento en la disponibilidad de agua en la Antártica, lo que transformaría al continente en un ambiente más benigno para las plantas.

Vida de las plantas superiores

A diferencia de otros ecosistemas mucho más ricos en nutrientes y condiciones más favorables, el suelo antártico hace difícil la existencia de plantas y vegetales de mayor tamaño. Algunos de los factores abióticos que dificultan la supervivencia en el continente son las bajas temperaturas, los altos niveles de radiación UV-B, la baja disponibilidad hídrica (pues gran parte del agua disponible se encuentra en estado sólido) y la alta salinidad de la tierra en algunas zonas, debido a la influencia del aerosol oceánico.

Por ello, solo entre el 2 % y el 3 % de la superficie del continente antártico permite la colonización de plantas, en sitios con altos niveles de nutrientes aportados por aves y mamíferos que anidan y se reproducen durante el verano. Solo se conocen dos especies de plantas vasculares en la Antártica (es decir, plantas con diferenciación de tejidos en raíz, tallos y hojas, además de un sistema de transporte de agua), las cuales interactúan tanto con otras especies vegetales como hongos y musgo, como con las especies animales, de las cuales obtienen nutrientes.



Pasto antártico

El pasto antártico o hierba pilosa antártica (*Deschampsia antarctica*) es la única gramínea (como el maíz o el trigo) que ha colonizado naturalmente el territorio antártico. Un sector del glaciar Collins (isla Rey Jorge) es uno de los más densamente poblados de pasto, aunque también ha colonizado el extremo sur de Argentina y Chile.

Una de sus estrategias adaptativas es la acumulación de fructanos (azúcares no estructurales), los cuales presentan características favorables tanto para las plantas como para el consumo humano.

Durante el verano acumula altos niveles de azúcares, como sacarosa, rafinosa y fructanos, los cuales están relacionados con la capacidad de la célula para regular su condición osmótica y podrían tener un efecto protector frente a radicales libres y en el mantenimiento de la esfera de hidratación de proteínas.



Solo se conocen dos especies de plantas vasculares en la Antártica, es decir, plantas con diferenciación de tejidos en raíz, tallos y hojas, además de un sistema de transporte de agua.



Clavelito antártico

La perla antártica o clavelito antártico (*Colobanthus quitensis*) tiene una amplia distribución latitudinal y altitudinal que abarca desde el sur de México hasta la Antártica marítima y hasta 4.200 msnm. En Chile ha sido descrita en todas las regiones del país, exceptuando solo la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins. Tiene un período de crecimiento de cerca de tres meses.

Los principales mecanismos de estas plantas para colonizar nuevos ambientes con alto nivel de estrés son la plasticidad fenotípica y la diferenciación ecotípica. Es decir, un organismo se puede ver diferente en ambientes distintos, aun cuando es la misma especie.



Colonos inesperados en el continente

A pesar de los innumerables controles y resguardos que se realizan para proteger la integridad del ecosistema antártico, se ha descubierto recientemente la presencia de al menos cuatro especies nuevas en estas tierras. La mayor actividad humana y el aumento en la temperatura y las precipitaciones en la región de la península Antártica están facilitando el arribo y supervivencia de especies exóticas en el Continente Blanco.

La más estudiada por la comunidad científica se llama *Poa annua*, un tipo de pasto que crece naturalmente en buena parte de Chile, entre otros lugares del mundo, y se sospecha que fue ingresada a la Antártica hace más de 20 años. Esta especie tiene la capacidad de resistir diversos climas y producir semillas que pueden dispersarse por el viento para abarcar amplias zonas del continente.

En condiciones normales, se esperaría que especies nativas como el pasto y el clave-lito antártico sean capaces de detener el crecimiento de este nuevo competidor en condiciones extremas a las que están más adaptados. Sin embargo, la posibilidad de mayores temperaturas y disponibilidad de agua líquida que se pronostica en un escenario de calentamiento global hacen posible que, en un futuro próximo, *Poa annua* sea capaz de invadir completamente el territorio antártico y arrebatar los escasos recursos disponibles a las especies nativas.

No todas las especies que encontramos actualmente en territorio antártico han evolucionado al alero de las aguas heladas o los casquetes polares. Una de las consecuencias de la presencia humana y el cambio climático en la zona ha sido la aparición y supervivencia de especies exóticas, que han sido capaces de establecerse en condiciones cada vez más favorables para ellas.



Productividad en el océano Austral

A pesar de sus frías aguas entre $-1,8$ y $3,5$ °C, el océano Austral es una de las áreas más productivas del planeta. Se caracteriza por poseer zonas muy ricas en nutrientes, por procesos físicos que causan que estos sean abundantes y, por lo tanto, contribuyen a estos máximos de productividad. Esta abundancia estimula el crecimiento de fitoplancton que mantiene el resto de la cadena trófica marina. Las polinias son áreas abiertas dentro del hielo marino a las que ingresarían micronutrientes, como el hierro, un elemento clave para generar los máximos de productividad del fitoplancton.

IMAGEN: P. URIBE

El fitoplancton es la base de la cadena alimenticia en los océanos.

La «Bomba Biológica» es un proceso fundamental, por medio del cual se captura CO₂ atmosférico por parte del fitoplancton para realizar la fotosíntesis, siendo capaz de transformar este CO₂ en materia y energía para los eslabones tróficos superiores y sustentar, por ejemplo, las altas biomásas de kril en el océano Austral.

Los cambios en la extensión del hielo marino y su duración tienen un efecto significativo sobre las larvas y los juveniles del kril, ya que su alimentación depende de las microalgas que se encuentran adosadas al hielo marino, de manera que frente al evento de calentamiento global puede tener incidencia negativa en los estadios reproductivo y en la sobrevivencia del kril.



La surgencia es un fenómeno que consiste en el movimiento vertical de las masas de agua desde niveles profundos hacia la superficie. Conocido también como «afloramiento», aparece en la costa chilena mediante la corriente de Humboldt, la que transporta nutrientes desde la corriente circumpolar antártica. Nutrientes provenientes de aguas profundas, como el nitrato y el fosfato, son empujados hacia aguas superficiales, lo que permite un rápido crecimiento de las poblaciones de fitoplancton. Las zonas con mayor cantidad de peces en el mundo se ubican en áreas de surgencia costera, gracias a la abundancia de nutrientes traídos desde las aguas frías.

Con un peso de apenas 2 g y 6 cm de largo, el pequeño crustáceo conocido como kril es una de las piezas más importantes en el rompecabezas ecológico de la Antártica.

El kril, una pieza clave

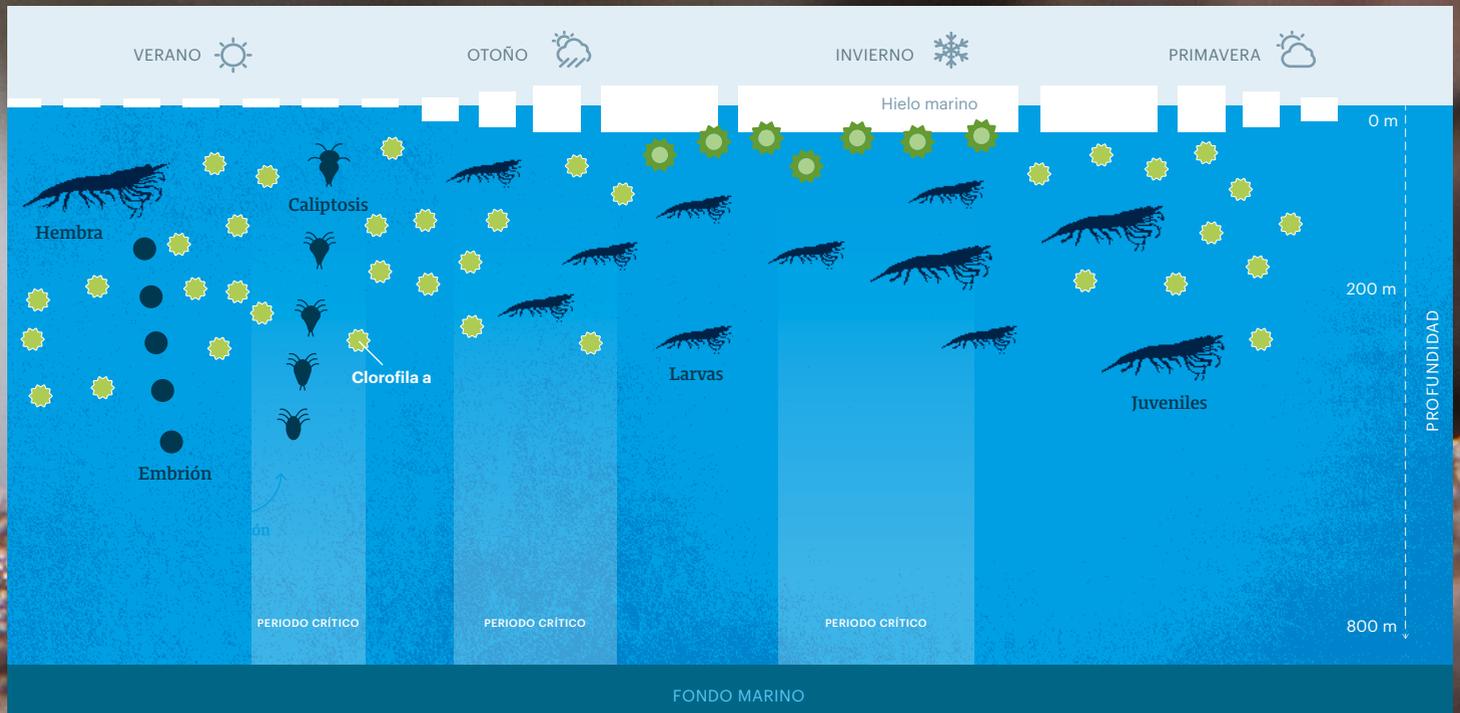
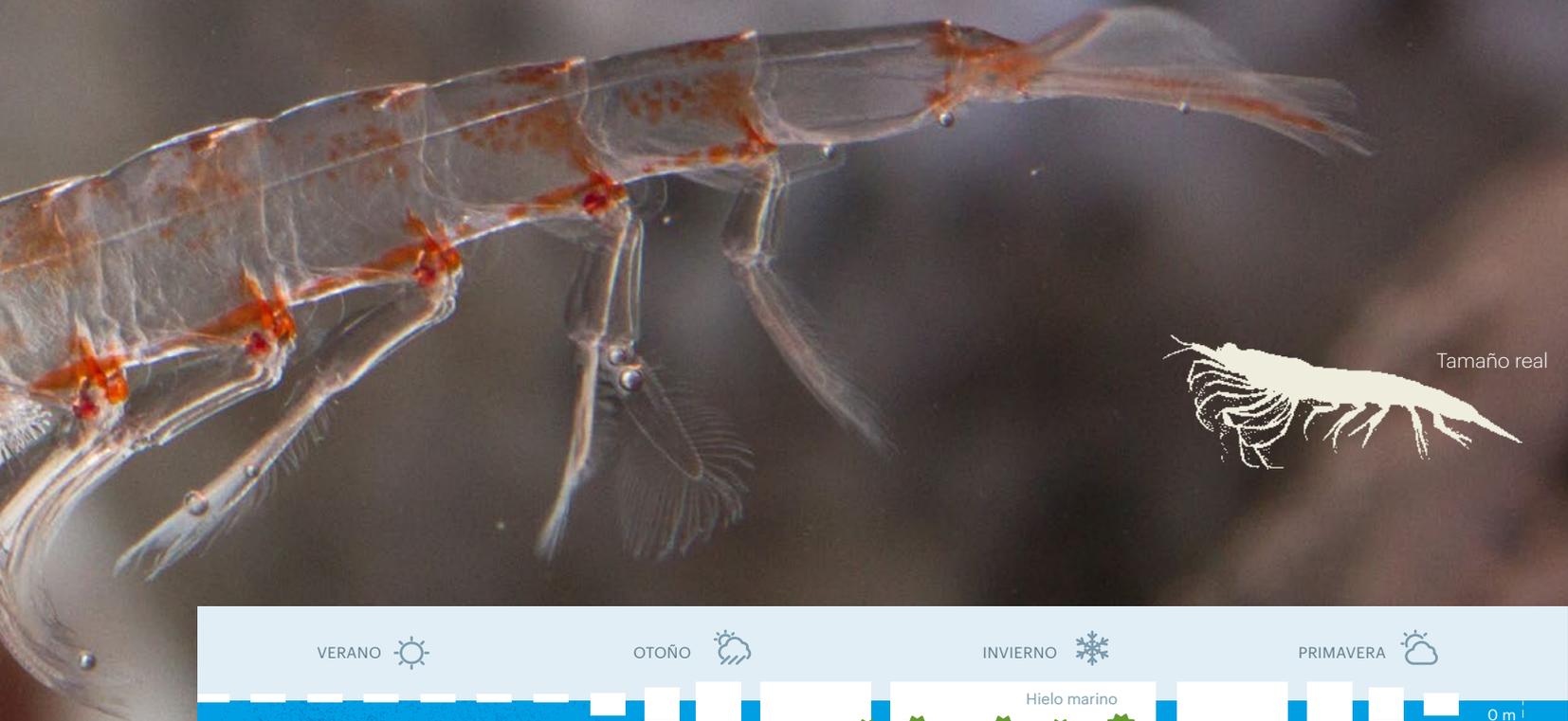
El kril es un pequeño crustáceo que podemos encontrar en gran parte de los océanos del mundo. Puede alcanzar un tamaño máximo de 7 cm y vivir entre siete y 11 años. En la actualidad existen cerca de 86 especies de kril en el mundo, siete de ellas presentes en el océano Austral.

De estas especies, el kril antártico (*Euphausia superba*) es la más abundante, con una biomasa estimada cercana a los 500 millones de toneladas. Su gran presencia hace que cumpla un rol clave como fuente de alimento en la zona, pues forma parte importante de la dieta para algunas focas, pingüinos, ballenas y otras especies de organismos que viven en la Antártica.

El kril presenta un ciclo de vida complejo, estrechamente relacionado al hielo marino. Cada hembra puede liberar en la columna de agua hasta 10.000 huevos por vez y puede hacerlo en varias ocasiones durante el verano. A partir de entonces, los huevos descienden hasta alcanzar entre 400 y 1.000 m de profundidad, donde encuentran las condiciones óptimas de temperatura y nutrientes para eclosionar (salir del huevo). Pasan entonces por una serie de estadios larvales, llamados nauplios, metanauplios, caliptosis y furcilia, momento en que ascienden de regreso por la columna de agua.



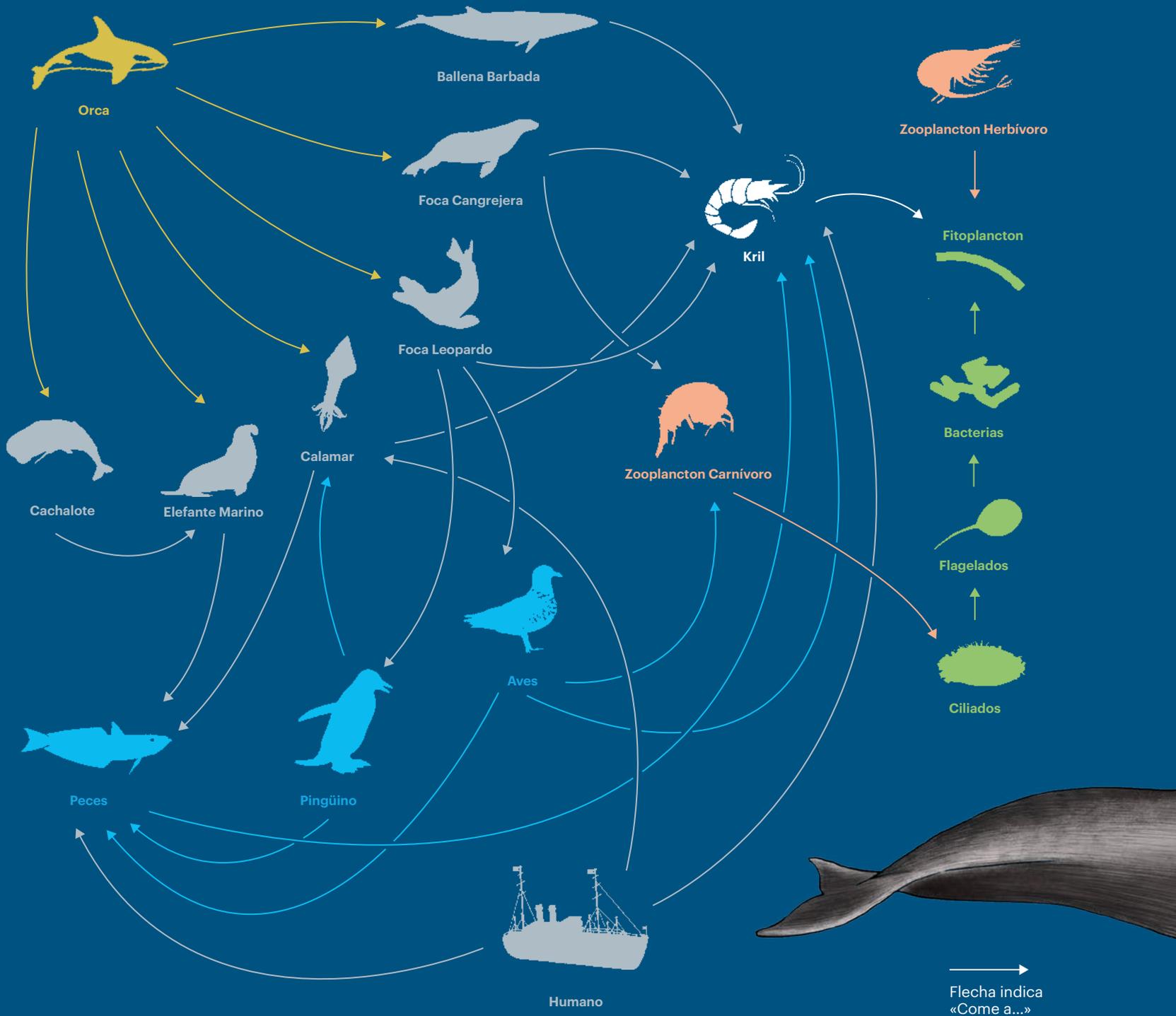
Durante el verano, los adultos se alimentan de unas pequeñas microalgas llamadas diatomeas, que se encuentran adheridas debajo del hielo, lugar que además usan como refugio durante el invierno. Por ello, la formación de hielo marino es un requerimiento básico para la supervivencia del kril.



Ciclo de vida del kril, con sus diferentes estadios larvales, desde huevos hasta furciliias. Las hembras grávidas en el verano austral lanzan sus huevos en las columnas de agua, los que se hunden hasta alcanzar la corriente circumpolar profunda. A partir de entonces, el kril comienza su ascenso pasando por distintos estados larvarios, hasta alcanzar su estado adulto, en el que se alimentan de microalgas bajo el hielo marino.

EXTRAÍDO DE: PIÑONES Y FEDOROV 2016 GRL.

Comer y ser comido



FUENTE: «KRIL, LA PIEZA CLAVE DE UN MUNDO DESCONOCIDO», BACH 33-1.

El rol del kril en la trama es tan grande, que la ciencia aún no lo conoce a fondo. Buena parte del ecosistema circumpolar se alimenta de estos crustáceos para sobrevivir, desde peces hasta ballenas, focas, pingüinos y otras aves.

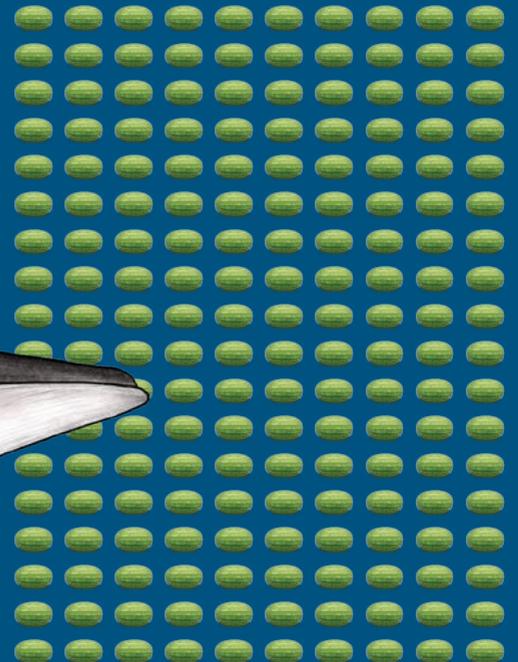
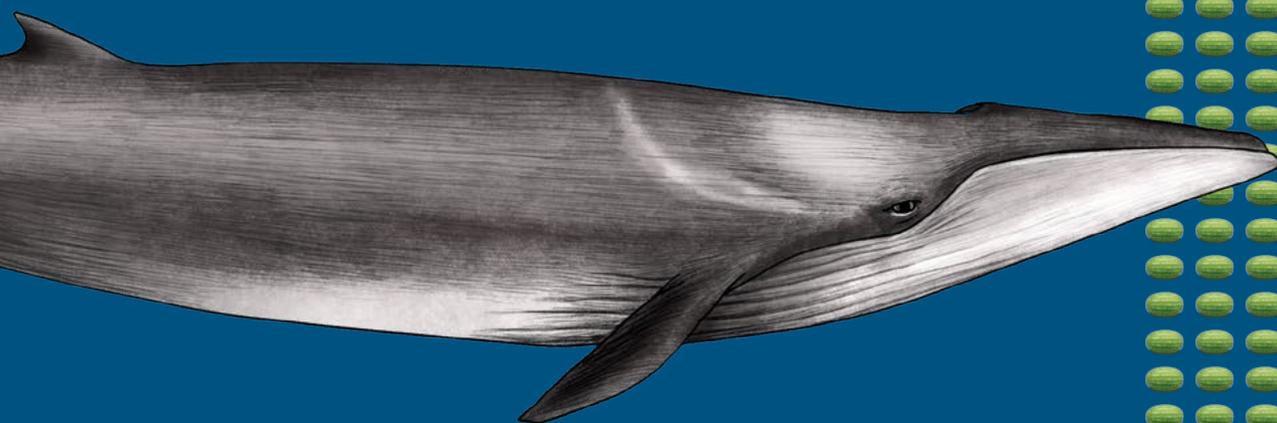
Debido a lo difícil que es la vida en el Continente Helado y la escasez de alimento de todo tipo, muchas especies antárticas se han adaptado para tener una alimentación generalista, con actitudes depredadoras, carroñeras y oportunistas. Por ello, no es difícil encontrar aves y mamíferos luchando por presas o atacándose mutuamente, aves que roban huevos y mamíferos que se alimentan de crías de otras especies. Aun así, todas mantienen un delicado equilibrio moldeado por la evolución y las condiciones adversas.



La foca leopardo está considerada como un depredador generalista, debido a que se alimenta de una variedad de presas tales como kril, calamares, peces, pingüinos y crías de otras especies.

FOTO: BKOROL. ALGUNOS DERECHOS RESERVADOS (CC BY-NC). [HTTP://WWW.NATURALISTA.MX/OBSERVATIONS/709764](http://www.naturalista.mx/observations/709764)

Una ballena de aleta consume entre 300 y 400 kg de kril al día, equivalente al peso de más de 150 sandías



Peces

Los peces antárticos son uno de los muchos misterios que aún conserva la Antártica. El último censo de la vida marina reporta que hay más de 8.500 especies en el océano Austral. Sin embargo, recién en las últimas décadas la ciencia ha podido comenzar a estudiar la gran variedad de criaturas escondidas bajo las frías aguas, muchas de las cuales son endémicas del continente, lo que las convierte en un desafío a la hora de compararlas con otras criaturas similares en zonas más cálidas.

La gran mayoría de los peces antárticos actuales pertenece a la familia de los *Nototheniidae* o nototénidos, todos provenientes de un linaje que logró sobrevivir gracias a la adquisición de proteínas anticongelantes.

La familia de los nototénidos, a la que pertenecen el bacalao antártico y la trama jaspeada, entre otras, es la más abundante en las aguas que rodean la Antártica. Una de las adaptaciones que les ha permitido prosperar en las frías aguas es la alta presencia de proteínas anticongelantes en su sangre y tejidos, característica que también ha interesado por sus aplicaciones en alimentos y medicina.

Draco antártico

(*Chaenocephalus aceratus*)

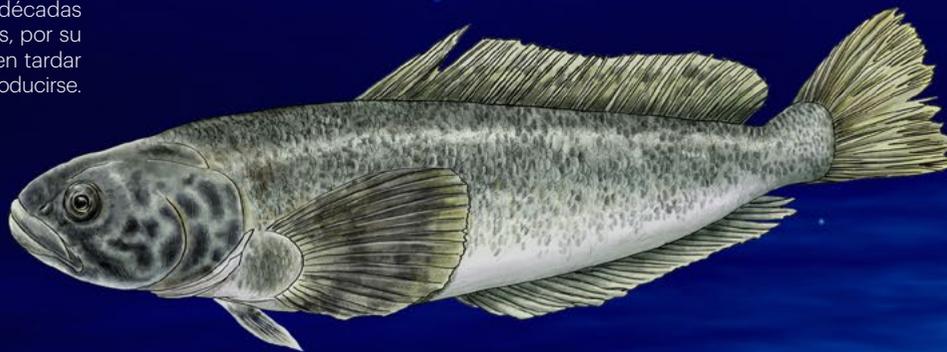
El draco antártico o pez hielo austral es uno de los peces presentes en el continente. Su principal característica es que son transparentes, debido a que no tienen eritrocitos (glóbulos rojos) en la sangre.



Trama jaspeada

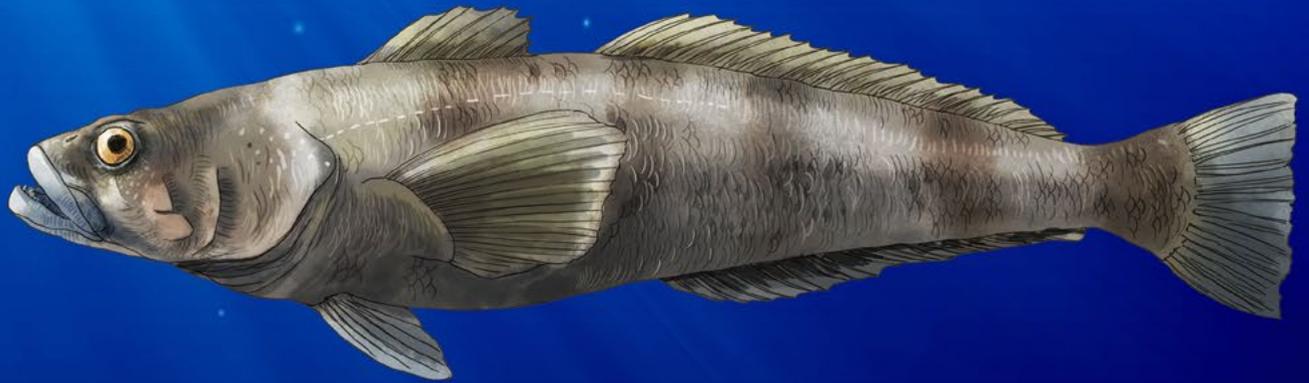
(*Notothenia rossii*)

La trama jaspeada es un tipo de bacalao que suele medir cerca de 50 cm. Su población disminuyó considerablemente debido a la pesca descontrolada durante las décadas de los 60 y 70, debilitados, además, por su madurez sexual tardía, pues pueden tardar hasta cinco años en comenzar a reproducirse.



Bacalao antártico

(*Dissostichus mawsoni*)



El bacalao antártico es un pez de aguas profundas, capaz de descender hasta los 2.000 metros de profundidad. En forma natural, produce una proteína anticongelante que le permite sobrevivir a las bajas temperaturas del océano Austral. Suelen desovar entre los meses de junio y noviembre en el área del mar de Ross.

Si bien es llamado bacalao (miembros de la familia de los Gadidae), en realidad esta especie forma parte de la familia de los nototénidos (Nototheniidae).

50 años

o más puede
llegar a vivir un
miembro de
la especie.

Desde la temporada 2017-2018 y con financiamiento de la iniciativa programática “Centro Antártico Internacional”, el INACH mantiene dos acuarios gemelos: uno en base Escudero y otro en Punta Arenas.

Los acuarios gemelos

Esta iniciativa, única a nivel internacional, en los últimos tres años de funcionamiento ha cobijado a un total de 20 especies antárticas, aunque no con todas al mismo tiempo, ya que se trabaja con números reducidos, hasta los 10 o 15 individuos.

Actualmente, son ocho especies las que habitan este espacio: *Notothenia rossii* (el pez más común en Antártica), *Harpagifer antarcticus*, *Lepidonotothen nudifrons*, *Trematomus newnesi*, *Urticinopsis antarctica*, *Abatus agassizii*, *Trophon nucelliformis* y *Odontaster validus*. De estos, los cuatro primeros corresponden a peces.

Este proyecto comienza a gestarse durante la Expedición Científica Antártica 54 (2017-2018). En ese entonces, se crean dos acuarios gemelos: el primero de ellos se instala en la base “Profesor Julio Escudero”, en isla Rey Jorge, y el segundo funciona en Punta Arenas.

El objetivo es hacer un prototipo de almacenaje de especies, para probar los sistemas de cultivo, las dietas de las especies, las formas de poder conseguir las y el transporte desde la Antártica hasta Punta Arenas y poder mantenerlas en cautiverio. De esa manera, se decidió hacer dos acuarios gemelos.

Este proyecto irá poco a poco complejizándose hasta generar un área de crianza o de mantenimiento de especies más grandes, para abastecer a futuro a los acuarios del Centro Antártico Internacional.

FOTO: C. CÁRDENAS



Aves

En todo el continente solo podemos encontrar 21 especies de aves residentes en la zona, además de otras que llegan durante la época estival o visitan la península en forma esporádica. Además de los pingüinos, aparecen en distintos momentos del año miembros de las familias de albatros y petreles, cormoranes, palomas, saltadores y gaviotas. De ellas, solo el pingüino emperador es endémico del continente, el resto migra hacia el sur de América, Australia u otras islas cercanas. En la actualidad, siete de estas especies están clasificadas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza como amenazadas.



**ALBATROS OSCURO
DE MANTO CLARO**
(*Phoebastria palpebrata*)



PETREL ANTÁRTICO
(*Thalassoica antarctica*)



CORMORÁN ANTÁRTICO
(*Leucocarbo bransfieldensis*)

PALOMA ANTÁRTICA
(*Chionis albus*)



GAVIOTA DOMINICANA
(*Larus dominicanus*)



GOLONDRINA DE MAR
(*Oceanites oceanicus*)



ESCÚA O SALTEADOR
(*Catharacta antarctica*)

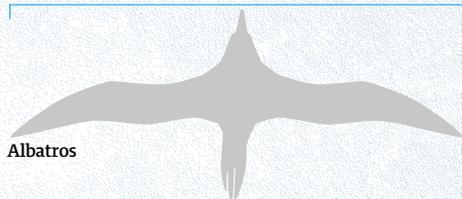


60 cm



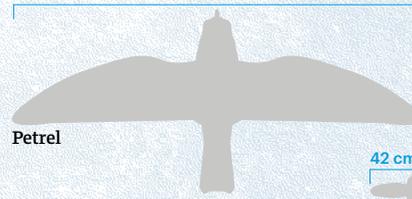
Humano

232 cm



Albatros

210 cm



Petrel

110 cm



Cormorán

140 cm



Escúa

135 cm



Gaviota dominicana

42 cm



Golondrina

80 cm



Paloma antártica

Cormorán



Paloma
antártica



Albatros oscuro de manto claro



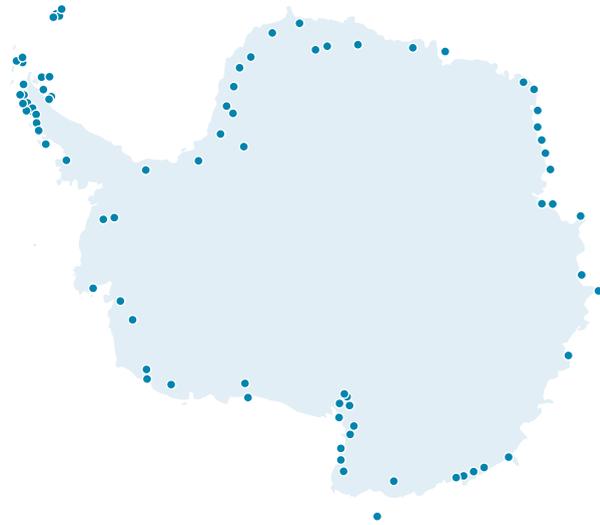
Pingüinos

En la actualidad existen cinco especies de pingüinos que anidan y se alimentan en el continente, los cuales representan cerca del 80 % de la biomasa de las aves antárticas.

PRESENCIA DE LAS ESPECIES EN EL TERRITORIO

Hasta hoy han sido identificados más de 200 lugares con importante concentración de aves a lo largo del continente, especialmente alrededor de la península Antártica, aunque prácticamente todos se ubican cerca de la costa. El diagrama muestra áreas de anidación importantes.

Fuente: Birdlife International. Environmental Research & Assessment.



PINGÜINO BARBIJO (*Pygoscelis antarcticus*)

Su nombre proviene de la línea negra bajo su mentón, similar a un cintón para sostener el casco. Actualmente viven cerca de 15 millones de individuos maduros, que por lo general pesan entre cuatro y cinco kilos.



PINGÜINO PAPÚA (*Pygoscelis papua*)

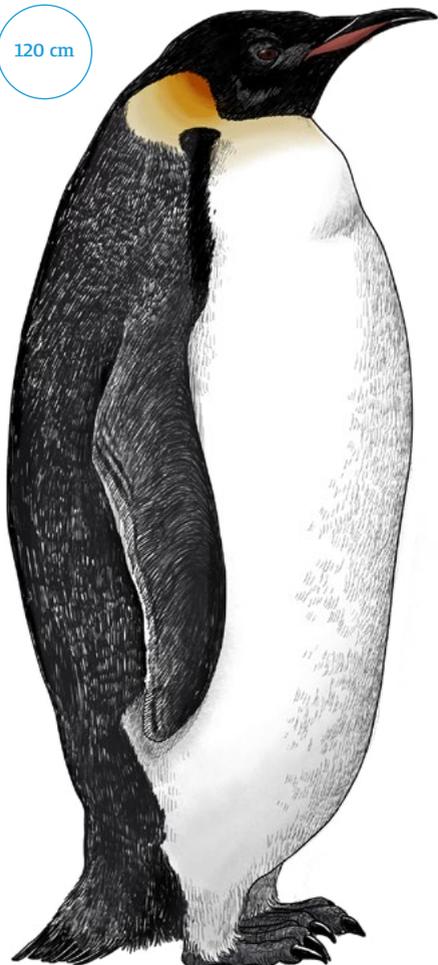
También llamado pingüino Juanito, gentú o de vincha, puede llegar a pesar hasta ocho kilos. Es el pingüino más rápido en el mar, donde puede alcanzar velocidades cercanas a los 36 kilómetros por hora.



PINGÜINO EMPERADOR
(*Aptenodytes forsteri*)

Es el pingüino más grande del mundo: llega a pesar hasta 45 kilos. Es también el único que se reproduce en el invierno, cuando pone un único huevo tras una larga migración por el hielo antártico.

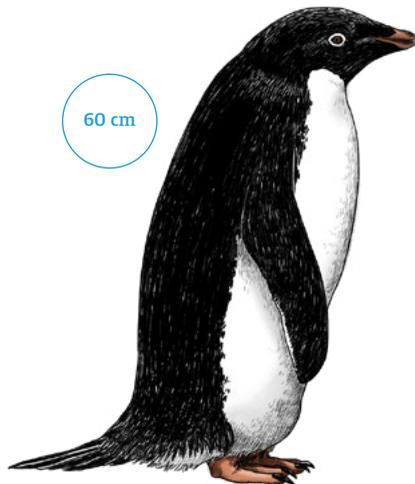
120 cm



PINGÜINO ADELIA
(*Pygoscelis adeliae*)

Se calcula que existen cerca de seis millones de pingüinos Adelia en el continente. Pesan cerca de cuatro kilos y han sido la especie de pingüinos de la Antártica más estudiada por la ciencia.

60 cm



170 cm

Comparación de tamaño
con un humano adulto

PINGÜINO MACARONI
(*Eudyptes chrysolophus*)

Es una de las seis especies de pingüinos crestados que existen en el mundo, como puede verse en sus largas plumas anaranjadas sobre la cabeza. Es también la especie más abundante, con cerca de 18 millones de individuos.

70 cm







Nidos de pingüinos en la Antártica.

Mamíferos

Junto con las aves, los mamíferos son los únicos ejemplos de fauna de mayor tamaño en el territorio antártico. De ellos, solo las focas y lobos marinos se aventuran hasta la tierra o el hielo continental, aunque su vida sigue inevitablemente asociada a los fríos mares del sur.

A diferencia de lo que ocurre en el resto del mundo, todos los mamíferos en el continente son carnívoros. Las focas y los lobos marinos cazan principalmente en el mar, en todo el océano Austral. Aun cuando varias especies son endémicas, se han conocido casos de ejemplares errantes en zonas tan alejadas como el archipiélago de Sudáfrica, Nueva Zelandia, el archipiélago de Juan Fernández, el centro y norte de Chile y la costa sur de Brasil.

Lobos marinos



Lobo fino antártico (*Arctocephalus gazella*): En la actualidad, la colonia más importante de esta especie en la región de la península Antártica se encuentra en cabo Sheriff y en los islotes de San Telmo, localizados en la costa norte de la isla Livingston, en las islas Shetland del Sur. Hoy se encuentra fuera de peligro de conservación, dado que sus poblaciones en aguas e islas antárticas se ha estimado en más de cinco millones, a pesar de las feroces expediciones de caza que casi los extinguen en el siglo XIX. Se alimenta casi exclusivamente de kril, marcando una diferencia con otras especies de osos, lobos y leones marinos, que son consumidores terciarios. Son los únicos otáridos antárticos (endémicos).

Focas



Foca cangrejera (*Lobodon carcinophagus*): Es la especie de foca más abundante en el continente: se calculan unos 15 millones de miembros, los cuales están repartidos por todas las costas del continente. Posee dientes modificados con varias cúspides para filtrar el kril, su principal alimento, y prefiere el pack-ice duro alrededor de la Antártica para habitar.



Foca de Ross (*Ommatophoca rossii*): Su hábitat es el pack-ice denso, al que solo se puede llegar con un buque rompehielos o a bordo de un helicóptero. Por ello, es una de las especies de focas menos conocidas: en el Territorio Chileno Antártico solo ha sido registrada en 10 oportunidades entre 1901 y 1973. A pesar de eso, se calcula que actualmente hay unos 100.000 ejemplares.

FOTO. GINETTE VACHON. ALGUNOS DERECHOS RESERVADOS (CC BY-NC). [HTTP://WWW.NATURALISTA.MX/TAXA/41726-OMMATOPHOCA-ROSSII](http://www.naturalista.mx/taxa/41726-OMMATOPHOCA-ROSSII)



Elefante marino del sur (*Mirounga leonina*): El macho de esta especie es de gran corpulencia y alcanza una longitud de seis metros. Se caracteriza porque el macho posee un apéndice nasal muy desarrollado, que se hincha a manera de trompa cuando es adulto. La hembra, de tamaño menor, no sobrepasa los 3,60 metros de largo. Frecuenta las Shetland del Sur y otras islas subantárticas, aunque también alcanza al continente sudamericano, especialmente algunos fiordos del estrecho de Magallanes y ocasionalmente llega a las playas de la zona central y norte.

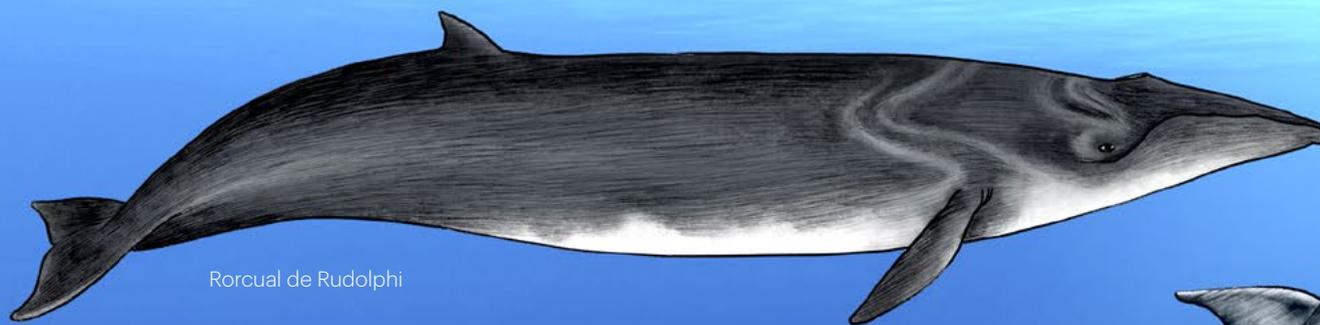


Foca de Weddell (*Leptonychotes weddellii*): Se calcula que en la actualidad hay cerca de un millón de individuos. La foca de Weddell ha tenido una larga historia con los humanos: durante parte del siglo XX sirvió de alimento de los perros de trineo de investigadores y exploradores, y también ha sido usada para realizar estudios fisiológicos sobre la inmersión, pues logra profundidades de 600 m y una permanencia bajo el agua de unos 70 minutos.

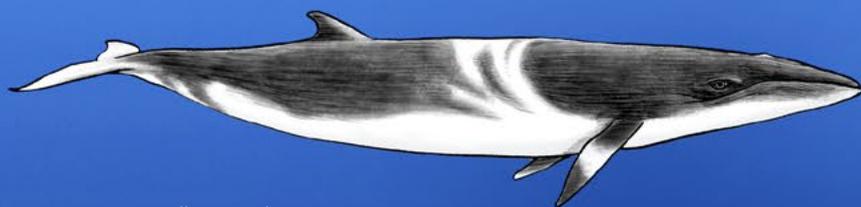


Foca leopardo o leopardo marino (*Hydrurga leptonyx*): Existen alrededor de 160.000 ejemplares de esta especie. Los machos pueden alcanzar entre 250 y 320 cm de longitud y pesar entre 200 y 455 kg. Las hembras pueden medir entre 241 y 388 cm de largo y pesar entre 225 y 591 kg. Son depredadores generalistas, se alimentan de presas como kril, calamares, peces, pingüinos y crías de otras especies de pinnípedos (lobos marinos, leones marinos y focas).

Ballenas



Rorcual de Rudolphi



Ballena Minke



Ballena jorobada

Ballena azul

Es posible encontrar a la ballena azul (*Balaenoptera musculus*) en todos los océanos del mundo a lo largo del eje de las plataformas continentales y frentes de hielo marino, así como también en sectores oceánicos y zonas poco profundas cerca de la costa. Esta especie es el animal más grande que ha existido en la Tierra, ya que puede alcanzar una longitud de más de 30 m y un peso de 200 toneladas.

Al año 2008, y sobre la base de datos de cruceros circumpolares, se estimó que existían unos 1.069 animales en todo el hemisferio sur.

Los machos y hembras alcanzan la madurez sexual entre los cinco y 10 años de vida y el período de gestación dura entre 10 y 12 meses (alternado cada dos o tres años). Las crías ingieren diariamente cerca de 190 litros de leche y suben alrededor de 90 kg al día.

Ballena jorobada

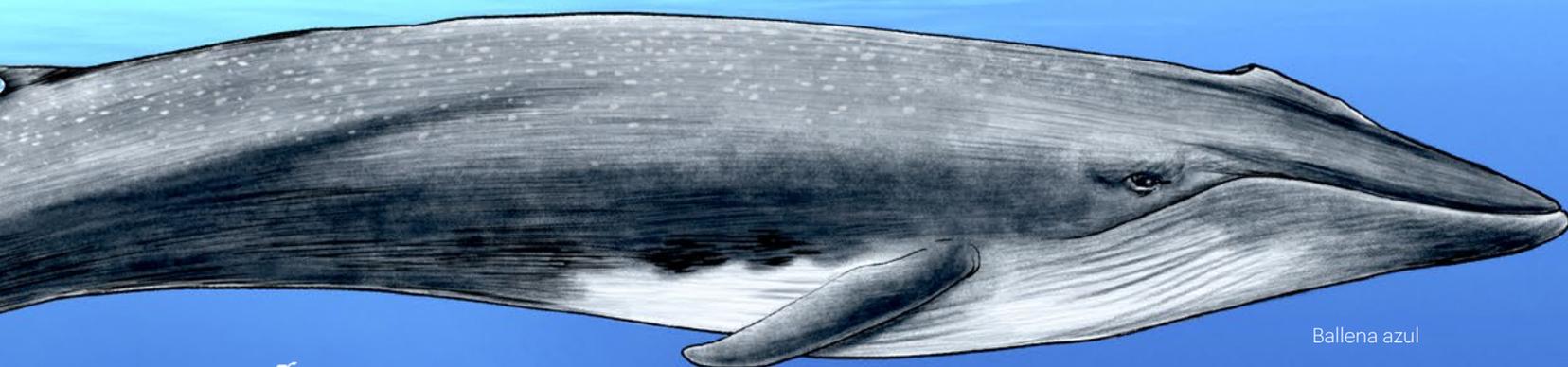
La ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) mide unos 16 m de longitud, su peso no sobrepasa las 40 toneladas y habita en aguas antárticas durante el verano. Sin embargo, es una especie cosmopolita, que se encuentra en todos los océanos, a excepción del Ártico.

Se caracteriza por sus grandes aletas pectorales con el borde posterior aserrado, su lomo negro, su rostro puntiagudo y sus notables protuberancias que cubren la parte superior de la cabeza, en la cual suelen abundar crustáceos parásitos adheridos firmemente a la piel. Su estado de conservación es amenazado, pero recuperándose, dado que su tamaño poblacional en la Antártica se ha estimado en unos 20.000 ejemplares.

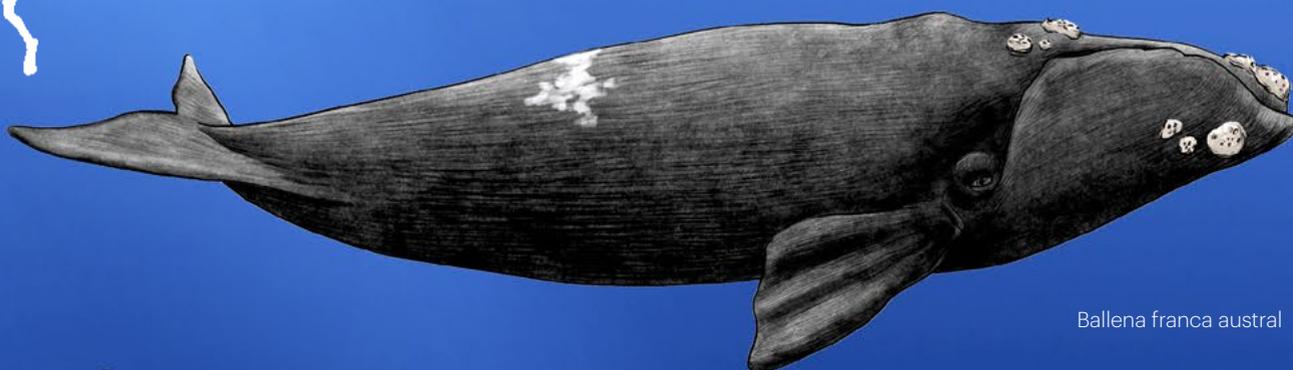
Ballena franca austral

La ballena franca austral (*Eubalaena australis*) se distribuye en aguas en el Pacífico suroccidental, desde Arica hasta la Antártica, al oeste de la península.

Existen dos poblaciones en aguas chilenas, la del océano Pacífico sur oriental, que se alimenta en aguas al oeste de la península Antártica, y la población del Atlántico sur occidental, que penetra en aguas del estrecho de Magallanes y se alimenta en aguas adyacentes a las islas Georgias del Sur. Su estado de conservación ha sido descrito como en peligro crítico, pues se han recuperado lentamente de su sobreexplotación en el siglo XX.



Ballena azul



Ballena franca austral



Ballena de aleta

Rorcual común o ballena de aleta

El rorcual común o ballena de aleta (*Balaenoptera physalus*) también es una especie cosmopolita. Ha sido vista en aguas chilenas a lo largo de toda la costa y en el borde externo de la corriente de Humboldt, así como en aguas antárticas. Se encuentra amenazada, aunque se recupera de la sobreexplotación en aguas antárticas.

Rorcual de Rudolphi o ballena boba

El rorcual de Rudolphi o ballena boba (*Balaenoptera borealis*) es una especie cosmopolita, registrada en aguas adyacentes a Antofagasta hasta el paso Drake y en la Antártica. Hoy es frecuente observarla en las regiones de de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo y Magallanes y de la Antártica Chilena, especialmente en aguas del estrecho, durante los meses de primavera y verano. Su estado de conservación es amenazado.

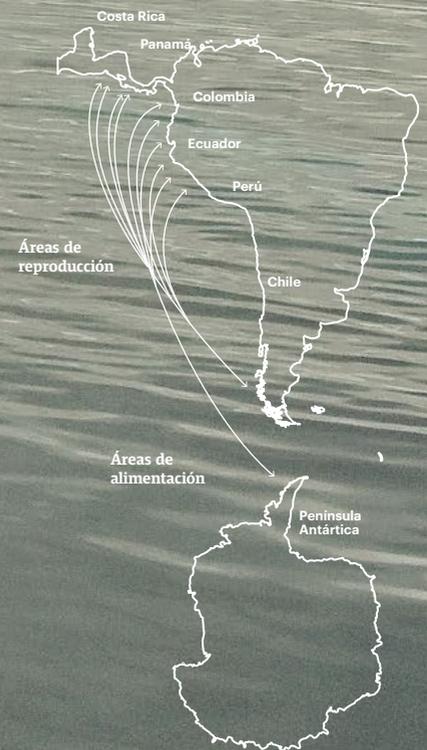
Ballena minke antártica

La ballena minke antártica (*Balaenoptera bonae-rensensis*) es una especie circumpolar. Se encuentra fuera de peligro de conservación, pues es la especie de misticeto más abundante en aguas polares. El tamaño de sus poblaciones se ha estimado en unos 350.000 a 400.000 ejemplares.



Joven ejemplar de ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) fotografiada en bahía Wilhelmina, península Antártica.

FOTO: JORDI PLANA



Orca

(*Orcinus orca*)

Es la especie de delfín más grande, cuya distribución es cosmopolita. Sus poblaciones se han agrupado en el hemisferio sur en cuatro ecotipos, los cuales difieren en tamaño, color del cuerpo y en el consumo de presas. Es un predador tope en el ecosistema marino antártico, el cual ha sido registrado en invierno en aguas antárticas. Se encuentra fuera de peligro, con un tamaño estimado de las poblaciones en el hemisferio sur de unos 80.000 ejemplares.



FOTO: J.PLANA

Otros delfines

Delfín cruzado

(*Lagenorhynchus cruciger*)

Se distribuye en aguas subantárticas y antárticas, y se estima que el tamaño de su población se acerca a unos 150.000 ejemplares.



FOTO: LOMV12. [HTTPS://COMMONS.WIKIMEDIA.ORG/WIKI/FILE:HOURLAS_DOLPHIN.JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hourglas_Dolphin.JPG)
CC BY-SA 3.0, [HTTPS://CREATIVECOMMONS.ORG/LICENSES/BY-SA/3.0/](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)

Delfín liso

(*Lissodelphis peronii*)

Se distribuye tanto en aguas templadas como subantárticas y antárticas. La mayoría de sus avistamientos, muy comunes, se han realizado entre los 30 y los 62 grados sur, en las aguas del Pacífico suroriental.



FOTO: OSCAR THOMAS. [HTTPS://WWW.INATURALIST.ORG/PHOTOS/89030428](https://www.inaturalist.org/photos/89030428)
CC BY-NC-ND 4.0, [HTTPS://CREATIVECOMMONS.ORG/LICENSES/BY-NC-ND/4.0/](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Marsopa de anteojos

(*Phocoena dioptrica*)

Se distribuye también en aguas subantárticas, desde la boca oriental del estrecho de Magallanes, bahía Lomas, hasta el canal Beagle y más al sur en el paso Drake, en la convergencia antártica. Es una especie rara en aguas chilenas y frecuente en aguas argentinas.



FOTO: C. OLAVARRÍA

Cachalote

(Physeter macrocephalus)

Es una especie polígama y cosmopolita, de la cual solo los machos visitan aguas antárticas para alimentarse; de hecho, las hembras no se desplazan más allá de los 55 grados sur. Está fuera de peligro desde el punto de vista de su conservación, pues se estiman entre 28.000 y 40.000 los machos existentes en aguas antárticas.



FOTO: GABRIEL BARATHIEU. [HTTP://WWW.FLICKR.COM/PHOTOS/BARATHIEU/7277953560/](http://www.flickr.com/photos/barathieu/7277953560/),
CC BY-SA 2.0, [HTTPS://COMMONS.WIKIMEDIA.ORG/W/INDEX.PHP?CURID=24212362](https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=24212362)

Zifios

Zifio de Arnoux ***(Berardius arnuxii)***

Es la especie más grande de la familia de los zifios, ya que algunos ejemplares llegan a medir hasta 11 m. Se distribuye en aguas subantárticas y antárticas. No hay datos suficientes sobre su estado de conservación, sin embargo, las estimaciones preliminares señalan que existen unos 120.000 en el hemisferio sur.



FOTO: FRED HOCHSTAEDTER. [HTTPS://WWW.FLICKR.COM/PHOTOS/FREDHOCHSTAEDTER/15151825547](https://www.flickr.com/photos/fredhochstaedter/15151825547),
CC BY-NC-SA 2.0, [HTTPS://CREATIVECOMMONS.ORG/LICENSES/BY-NC-SA/2.0/](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/)



116	El continente opuesto
118	Chile-Antártica: línea de tiempo
122	Primeros acercamientos
124	Tierra a la vista
125	La era de las exploraciones
126	Caza y explotación de los recursos antárticos
128	La carrera hacia el fin del mundo
129	La exploración chilena del continente
130	La odisea del <i>Endurance</i>
131	Luis Pardo. El rescate en la <i>Yelcho</i>
134	La institucionalidad antártica nacional
136	Bases antárticas chilenas
138	Bases para un mundo helado
140	Nuevas bases para la ciencia: Yelcho y Carvajal
142	El INACH. Asumiendo la vocación antártica de Chile
144	Programa Nacional de Ciencia Antártica
146	Mujeres en ciencia antártica
148	Nuevas investigaciones
152	Tecnologías antárticas
156	¿Cómo medir el cambio climático en la Antártica?
158	80 preguntas para el futuro
162	Educación polar
164	Los misterios bajo el manto blanco
166	Cultura antártica
170	¿Por qué se dice que Punta Arenas es una ciudad antártica?
176	CAI. Consolidando el polo de desarrollo antártico en Chile

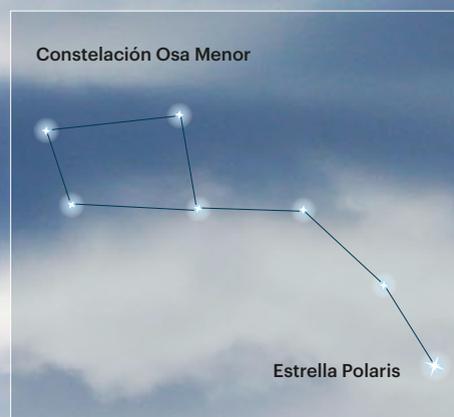
Chile y Antártica: hitos de una historia común

EL CONTINENTE OPUESTO

ANTÁ

Para los cartógrafos y exploradores europeos de la Antigüedad, la insalvable distancia que los separaba del hemisferio sur hizo que durante milenios las tierras más australes permanecieran ocultas y sin nombre.

Gracias a su cercanía, la zona fría en el polo norte fue bien conocida para los filósofos, científicos y exploradores de Europa y Asia durante milenios. Los griegos lo llamaban Arktikos (*ἀρκτικός*), a partir de *ἄρκτος* (pronunciado arktos), nombre que daban al oso, y el sufijo *-ικός* (pronunciado ikós), que significa «cerca de». Este nombre nace por su conexión con la estrella Polaris, en la constelación de la Osa Menor, que era utilizada por los navegantes como punto de referencia para encontrar el norte geográfico del mundo.



RTICA

Por su parte, Aristóteles y otros especularon que en el hemisferio sur debería haber la misma cantidad de tierras que en el hemisferio norte y, por lo tanto, podría existir también una zona congelada similar a la del Ártico, ubicada en su antípoda, o el punto diametralmente opuesto del planeta. Más tarde, esta tierra hipotética comenzó a ser conocida como Terra Australis Incognita (latín para «tierra desconocida del sur»), y sirvió como fuente de imaginación de científicos y cartógrafos por milenios.

No fue sino hasta principios del siglo XIX que se pudo confirmar la existencia del Continente Blanco. Debido a que desde un principio fue considerada por estos exploradores en consideración con el más familiar Ártico, decidieron bautizar a esta tierra como **Antártica**, es decir, «opuesto al Ártico» o, para ser más precisos, «opuesto a la constelación de la Osa Menor».



Antípoda proviene del griego *ἀντίποδες*, que significa «con los pies opuestos», en referencia a las personas que tienen los pies en el lugar opuesto del mundo del que nos encontramos.

¿Antártica o Antártida?

Según señala el *Diccionario Panhispánico de Dudas de la Real Academia Española*, ambos términos son técnicamente correctos. **Antártica**, nombre que se mantiene cercano a su origen griego, es el que se usa más comúnmente en Chile. Por su parte, **Antártida** se utiliza también en España y otras partes del mundo, y nació por su semejanza a nombres usualmente asociados con islas, como Irlanda, Nueva Zelandia y la imaginaria Atlántida.

Chile-Antártica: línea de tiempo

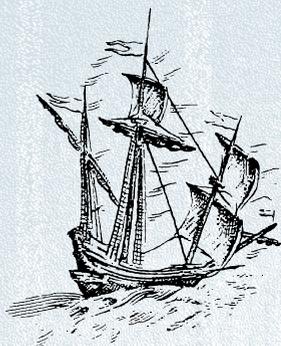
El pasado antártico de Chile está determinado por la geografía y configurado con fuerza por la historia. Los conquistadores españoles llegaron a nuestra patria con autorizaciones expresas para extender la jurisdicción del imperio español a las tierras situadas al sur del Estrecho. Ninguna otra nación en la tierra posee semejantes títulos antárticos.



1520 ♦ Hernando de Magallanes descubre un estrecho al que denomina Canal de Todos los Santos y que hoy lleva su nombre. Viaja con cinco naves, pero solamente la **Trinidad**, **Concepción** y **Victoria** cruzarán este paso. Saldrá a un nuevo océano, que llamarán "Pacífico". Es considerada la primera vuelta al mundo que inició en agosto de 1519 y culminó en Sevilla en septiembre de 1522, con solo 18 sobrevivientes. Magallanes no lo logró, falleció en Mactán el 27 de abril de 1521.

1525 ♦ Expedición española al estrecho de Magallanes comandada por García Jofré de Loayza y Sebastián Elcano. La expedición fracasa, pierden todas sus naves y ambos comandantes mueren al año siguiente en el océano Pacífico. Algunos sobrevivientes logran retornar en otra nave en 1536; estos habrían completado la segunda vuelta al mundo, pero sin sus barcos.

1558 ♦ El capitán Juan de Ladrilleros zarpa desde Valdivia, primero en navegar el Estrecho en ambos sentidos con su nave **San Luis**. Retorna a Concepción en 1559.



1578 ♦ El corsario inglés Francis Drake pasa por el cabo Virgenes e ingresa al Estrecho con sus tres naves, **Elizabeth**, **Marigold** y **Golden Hind** (ex **Pelican**). Demora solo 17 días en atravesarlo para luego salir al Pacífico. Una tempestad haría que se separen sus tres naves, a bordo de la **Golden Hind** llega hasta el cabo de Hornos. Regresa en 1580 a Plymouth, habiendo dado la vuelta al mundo.

1579 ♦ Expedición desde Chile de Pedro Sarmiento de Gamboa al estrecho de Magallanes con dos navíos para capturar a Drake y también estudiar cómo fortificar sus costas.

1584 ♦ Fundación de la Ciudad del Nombre de Jesús, cerca de cabo Virgenes, por Pedro Sarmiento de Gamboa.

1587 ♦ El pirata inglés Thomas Cavendish ingresa al estrecho de Magallanes con tres naves (**Desire**, **Content** y **Hugh Gallant**) y 123 tripulantes. Encuentra a Tomé Hernández, único sobreviviente de la aventura colonizadora de Sarmiento. Antes de marcharse, Cavendish rebautiza este poblado como Port Famine (Puerto del Hambre).



1820 ♦ El capitán británico William Smith divide el territorio antártico desde la isla Rey Jorge.

1820 ♦ El ruso Fabian von Bellingshausen cruza el círculo polar antártico. Es considerado uno de los primeros exploradores en llegar al Continente Blanco.

1820 ♦ El capitán de focas estadounidense Nathaniel Brown Palmer llega a isla Decepción.

1820 ♦ Bernardo O'Higgins autoriza una exploración que permite el primer desembarco en la península Antártica. Expedición lobera del capitán Andrew MacFarlane y el **Dragón** de Valparaíso.



1823 ♦ El escocés James Weddell llegó a las islas Orcadas del Sur en enero. Descubrió la especie de foca que lleva su nombre.

1831 ♦ Se inicia el segundo viaje de la **HMS Beagle**, llevando a bordo al naturalista Charles Darwin.

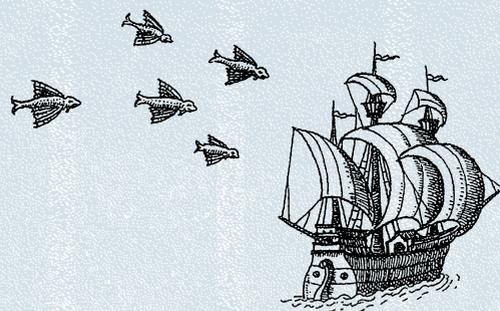
1831 ♦ El navegante y explorador inglés John Biscoe consigue realizar el primer avistamiento del continente antártico desde el océano Índico. Avistó Tierra de Enderby y Tierra de Graham.

1837-1838 ♦ El explorador francés Jules Dumont d'Urville realizó importantes estudios científicos en el estrecho de Magallanes, antes de navegar a Antártica.

1840 ♦ El estadounidense Charles Wilkes avista las tierras continentales llamadas Tierra de Wilkes.



La Antártica ha sido el último continente en ser habitado. Se desconoce a ciencia cierta quiénes fueron los primeros humanos en dejar sus huellas en él. La confirmación de su existencia comienza con el explorador Gabriel de Castilla, quien en 1603 divisó un archipiélago, que posiblemente sea las islas Shetland del Sur. Lo que no está en duda es que desde los puertos de Chile exploradores, piratas y foqueros salieron rumbo a tierras australes.



1590 ◊ Ingresó al Estrecho de la nave inglesa **Delight**, comandada por Andrew Merrick. Rescatan al último sobreviviente de la expedición de Sarmiento. En el viaje de retorno fallece el capitán, el sobreviviente de la ciudad Rey Don Felipe y solo seis hombres vuelven con vida, ninguno de ellos hablaba español.

1603 ◊ Gabriel de Castilla, enviado por la corona española, zarpa desde Valparaíso hacia el océano Austral, pasa por el cabo de Hornos y desciende a la latitud 64° sur.

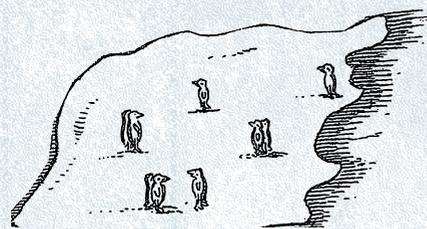
1616 ◊ Descubrimiento del cabo de Hornos por los holandeses Jacob Le Maire y Wilhelm Schouten. Zarparon desde Texel con dos naves: la **Eendracht** y la **Hoorn**, esta última se quema en Puerto Deseado, mientras que la **Eendracht** y toda la tripulación fueron capturados al llegar a Asia.

1619 ◊ Paso por el cabo de Hornos de los hermanos españoles Bartolomé García y Gonzalo Nodal. Por encargo del rey de España deben verificar el nuevo paso descubierto por Le Maire y Schouten. Acompaña la expedición el piloto y cosmógrafo Diego Ramírez, quien dará su nombre a un grupo de islas al sur del cabo de Hornos que fueron descubiertas en febrero de 1619.

1670 ◊ Ingresó al Estrecho de la expedición inglesa comandada por John Narborough, quien bautizó como Sandy Bay a la punta arenosa que hoy es Punta Arenas.

1773 ◊ El británico James Cook atraviesa el círculo polar antártico y llega hasta la latitud 67° 15' sur. Llega a las islas Sándwich y Georgia del Sur, donde describe una fauna marina abundante, que en las próximas décadas entusiasmaría a loberos y balleneros.

1819 ◊ El navío español **San Telmo** desaparece con 644 hombres al sur del paso Drake. Se estima que pudieron llegar a las costas del continente, no obstante, solo se hallaron restos materiales.



1841 ◊ El británico James Clark Ross descubre la isla de Ross y la gran barrera de hielos que lleva su nombre.

1843 ◊ Toma de posesión del estrecho de Magallanes por parte de Chile. Los tripulantes de la goleta **Ancud**, liderada por Juan Williams, fundan Fuerte Bulnes en Punta Santa Ana. Cumplen el último deseo del prócer Bernardo O'Higgins.

1848 ◊ El gobernador José de los Santos Mardones ordena trasladar la colonia a 62 kilómetros más al norte, junto al río del Carbón, naciendo la ciudad de Punta Arenas.

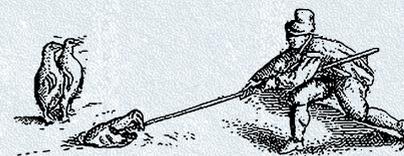
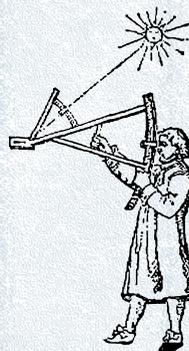
1871 ◊ El 2 de diciembre, el Congreso Nacional promulga la ley que crea el Ministerio de Relaciones Exteriores y Colonización.

1884 ◊ Alejandro Bertrand diseña un mapa de Chile que muestra las Tierras Australes y traza la cordillera de los Andes hasta el monte Haddington en la Antártica, un volcán situado en la latitud 64° 21' sur, en la isla James Ross.

1895 ◊ Carsten Borchgrevink y su tripulación desembarcan en cabo Adare. Tres años más tarde es también el primero en invernar en el continente antártico en el mismo lugar.



Quiriquimcho



Chile-Antártica: línea de tiempo



1895-1897 ◊ El sueco Otto Nordenskjöld recorre la Patagonia meridional y Tierra del Fuego; regresaría en 1901-1903 a bordo del **Antarctic**.

1896 ◊ El 21 de julio se crea la Municipalidad de Punta Arenas, por iniciativa del gobernador Manuel Señoret.



1897 ◊ Adrien de Gerlache, a bordo del **Belgica**, arriba a Punta Arenas en su viaje de ida a Antártica. Destaca por ser el primero en pasar un invierno entre los hielos del océano antártico, al verse atrapado su buque **Belgica** cerca de la península Antártica.

1903 ◊ Adolf Andresen caza la primera ballena jorobada en el estrecho de Magallanes.

Dos años después, instalaría una factoría en bahía del Águila, cerca de Punta Arenas.

1903 ◊ Rescate de la expedición científica sueca por parte de la corbeta argentina **Uruguay**. La **Antarctic**, comandada por Nordenskjöld, había quedado destruida por los hielos.

1904 ◊ El capitán inglés Robert Falcon Scott vuelve de la Antártica a bordo del **Discovery** y en Punta Arenas envía 400 cartas informando que su expedición concluyó tras dos años en los hielos.

1906 ◊ Durante el gobierno de Germán Riesco se crea una Comisión Chilena Antártica del Ministerio de Relaciones Exteriores, y primeras negociaciones con Argentina sobre la delimitación de ambos países en el continente.

1929 ◊ El estadounidense Richard Evelyn Byrd sobrevuela por primera vez el Polo Sur con éxito, en un viaje de 18 horas.

1935 ◊ El estadounidense Lincoln Ellsworth en un viaje de ida y vuelta, logra unir en avión por primera vez el mar de Weddell con el de Ross.

1940 ◊ El 6 de noviembre se aprueba el Decreto Supremo N° 1747 del Ministerio de Relaciones Exteriores que fija los límites del Territorio Chileno Antártico.

1947 ◊ Primera expedición oficial de Chile a Antártica. Se inaugura la base Soberanía (hoy Arturo Prat) en la isla Greenwich.

1947 ◊ Declaración Presidencial de Soberanía sobre las 200 millas náuticas de Zona Económica Exclusiva por parte del Presidente Gabriel González Videla.

1948 ◊ El Presidente Gabriel González Videla se convierte en el primer mandatario en pisar el Continente Blanco. En el marco de su visita inaugura la base O'Higgins, que es administrada por el Ejército de Chile.

1951 ◊ Se inaugura la base Gabriel González Videla de la Fuerza Aérea de Chile.

1952 ◊ Declaración conjunta de Santiago sobre las 200 millas náuticas de Zona Económica Exclusiva firmada por Chile, Perú y Ecuador.

1955 ◊ Es inaugurada la base aérea Pedro Aguirre Cerda, en isla Decepción.



1969 ◊ Se inaugura la base Presidente Eduardo Frei Montalva en la isla Rey Jorge, que cumple funciones como base aérea.

1972 ◊ Firma de la Convención sobre la Conservación de Focas Antárticas y que entra en vigencia en 1978.

1980 ◊ Firma de la Convención sobre Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA o CCAMLR, por su sigla en inglés), que entra en vigor en 1982.

1980 ◊ Se inaugura el aeródromo Teniente Rodolfo Marsh, en la isla Rey Jorge.

1984 ◊ Primer vuelo directo de la Fuerza Aérea de Chile al polo sur, denominado operación Estrella Polar.

1984 ◊ Se inaugura Villa Las Estrellas, en isla Rey Jorge, junto a la base Eduardo Frei.

1989 ◊ El 12 de febrero se realiza el primer vuelo a la Antártica de la aerolínea magallánica DAP.

1991 ◊ Se promulga el Protocolo de Madrid que fija las bases para la protección del medioambiente en territorio antártico.

1991 ◊ Se inaugura la base Dr. Guillermo Mann Fischer en la Antártica.

1994 ◊ Promulgación y puesta en marcha en vigor de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar y aplicación de las 200 millas náuticas.

1995 ◊ El INACH inaugura la base científica Profesor Julio Escudero, en isla Rey Jorge.

2000 ◊ Se aprueba la Política Antártica Nacional mediante Decreto Supremo N° 429 del Ministerio de Relaciones Exteriores.

2003 ◊ El INACH traslada su sede nacional a la ciudad de Punta Arenas.

2004 ◊ El INACH organiza la primera Feria Antártica Escolar y Expedición Antártica Escolar, iniciativa única a nivel mundial.





1906-1907 ◊ La Sociedad Ballenera de Magallanes establece un pequeño poblado-factoría, el primero en su tipo en caleta Balleneros, isla Decepción.

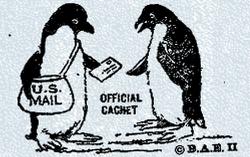
1908 ◊ El explorador francés Jean-Baptiste Charcot zarpa desde Punta Arenas en el **Pourquoi-Pas?** Descubre **bahía Margarita**, **costa de Fallieres** y la isla que lleva su nombre, realizando importantes trabajos científicos.

1911 ◊ El noruego Roald Amundsen se convierte en el primer hombre en llegar al polo sur. Su contendor, Robert Scott, lo logra un mes después, pero fallece en el viaje de regreso.

1916 ◊ El piloto chileno Luis Pardo Villalón, al mando de la escampavía **Yelcho**, rescata con vida a los 22 náufragos del **Endurance** que esperaban en isla Elefante el regreso de Sir Ernest Shackleton, hecho que marca el fin de la edad heroica en la exploración antártica.

1921-1922 ◊ Se realiza la expedición Shackleton-Rowett, la última de la edad heroica de las exploraciones polares.

1928 ◊ El australiano George Hubert Wilkins vuela en un monoplano Junkers hacia el Continente Blanco, estableciendo su campamento en isla Decepción.



BYRD ANTARCTIC EXPEDITION II
LITTLE AMERICA, ANTARCTICA.
SECOND CANCELLATION
MAIL

1956 ◊ Se establece la base Amundsen-Scott de Estados Unidos, la más meridional del planeta y a solo 100 metros del polo sur. Se construyó para servir de apoyo al Año Geofísico Internacional.

1955-1956 ◊ Se aprueba la Ley 11.846 que asigna al intendente de Magallanes el conocimiento y la resolución de los asuntos administrativos antárticos.

1957-1958 ◊ Se realizó el Año Geofísico Internacional, el que supuso un esfuerzo único por su alcance en la historia de la ciencia. Participaron 66 naciones para el estudio coordinado de nuestro planeta.

1959 ◊ Chile y otros 11 países firman el Tratado Antártico que entra en vigor en 1961. A partir de este momento se comienza a formar la regulación antártica a partir del Sistema del Tratado Antártico.

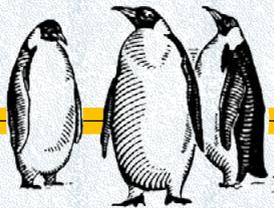
1962 ◊ Se funda la base científica Yelcho en isla Doumer.

1963 ◊ Se crea el Instituto Antártico Chileno (INACH), organismo técnico bajo la dependencia del Ministerio de Relaciones Exteriores.

1964 ◊ El INACH lleva a cabo su primera expedición antártica.

1965 ◊ El Presidente Eduardo Frei Montalva declara efeméride oficial el 6 de noviembre como "Día de la Antártica Chilena".

1967 ◊ Una erupción volcánica en isla Decepción destruye la base Pdte. Pedro Aguirre Cerda, además de las estaciones argentina y británica.



2007-2009 ◊ Se llevó a cabo el Año Polar Internacional, programa de investigación científica, cooperativa, coordinada e interdisciplinaria que se realizó en las regiones polares (Ártico y Antártica).

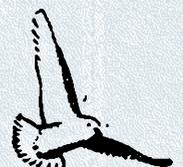
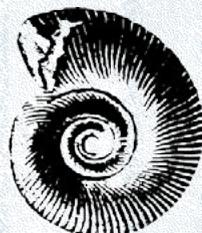
2011 ◊ Se inaugura en Punta Arenas el Edificio de Laboratorios Antárticos Embajador Jorge Berguño Barnes.

2014 ◊ Se inaugura la Estación Polar Científica Unión, a mil kilómetros del polo sur.

2017 ◊ Se aprueba una nueva Política Antártica Nacional, actualizando el marco de las actividades e intereses en el continente.

2019-2020 ◊ INACH organiza la LVI Expedición Científica Antártica (EC4 56), la campaña más extensa que ha realizado Chile, ya que no solo se desarrolló durante el verano austral.

2020 ◊ Se promulga la Ley 21.255 que establece el Estatuto Chileno Antártico, ley que sistematiza y moderniza la regulación legal de las actividades de Chile en el Continente Blanco.





«Mapa de la [Tierra] Magallánica y Tierra del Fuego, con el famoso estrecho de Magallanes y el de le Maire», de Willem Blaeu, Amsterdam, 1638. La imagen consigna los territorios al norte del «famoso estrecho de Magallanes» —el reino de los patagones—, mientras que la Tierra del Fuego es indicada con el topónimo «Magallánica». El mapa muestra las costas occidental, oriental y austral de Tierra del Fuego bañadas por un «Nuevo Mar Austral», distinto al «Mar del Sur» (océano Pacífico) y al «Mar del Norte» (Atlántico Sur).

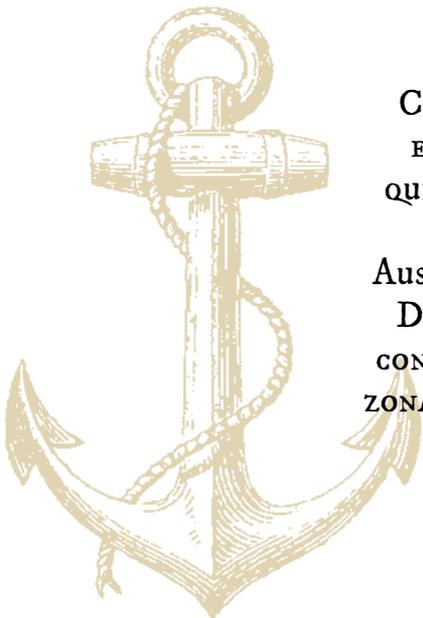
FUENTE: [HTTPS://COMMONS.WIKIMEDIA.ORG](https://commons.wikimedia.org)



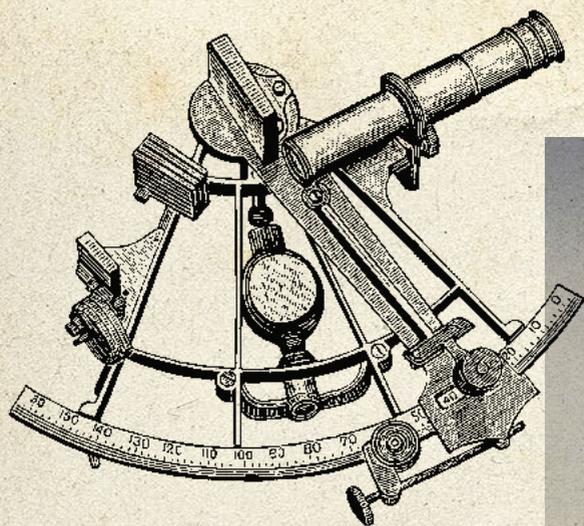
PRIMEROS ACERCAMIENTOS

EL DESCUBRIMIENTO DE AMÉRICA Y LAS MEJORAS EN LA TECNOLOGÍA MARÍTIMA PERMITIERON ZARPAR A MUCHAS NAVES DESDE EUROPA CON LA MISIÓN DE ABRIR LAS RUTAS DEL PACÍFICO, ENCONTRAR PUNTOS DE COMERCIO Y RECLAMAR TIERRAS PARA LAS CORONAS DEL NORTE. UNO DE ELLOS FUE EL PORTUGUÉS FERNANDO DE MAGALLANES, QUIEN EN 1520 EXPLORÓ EL EXTREMO SUR DE AMÉRICA POR TIERRA DEL FUEGO Y EL ESTRECHO QUE LUEGO LLEVARÍA SU NOMBRE.

CONVENCIDO DE QUE LAS ISLAS QUE ALLÍ ENCONTRÓ ERAN SOLO EL PRINCIPIO DE UN VASTO TERRITORIO QUE CONTINUABA MÁS AL SUR, MAGALLANES EXPANDIÓ EN EL MUNDO LA IDEA CONCRETA DE LA «TERRA AUSTRALIS INCOGNITA», EL CONTINENTE DESCONOCIDO. DESDE ENTONCES, LOS MAPAS QUE LO RETRATAN HAN CONSIDERADO AL ESTRECHO DE MAGALLANES COMO UNA ZONA DISTINTA DE LA PATAGONIA, COMO EL COMIENZO DE UN NUEVO MUNDO AÚN SIN DESCUBRIR.



TIERRA A LA VISTA



Durante su segundo viaje alrededor del mundo, entre 1772 y 1775, el capitán James Cook visitó varias tierras del hemisferio sur por orden de la Corona británica. Visitó Cabo de Buena Esperanza, en el sur de África; las islas de Tasmania y Nueva Zelandia, Tahití y cabo de Hornos, al sur de Chile, antes de regresar a Inglaterra, con lo que demostró que estas tierras no estaban conectadas a la Tierra Austral imaginada por los cartógrafos.

A lo largo de este viaje, el capitán y sus marineros se adentraron tres veces en lo que era tierra desconocida, lo que hoy conocemos como el Círculo Antártico. Aunque nunca llegó a encontrar tierra, pudieron observar lo que llamaron «grandes islas de hielo» y debieron soportar las heladas aguas de lo que les pareció un mundo inhóspito y muerto.

No fue sino hasta 1820 que un par de ojos humanos vieron el continente antártico. Con días de diferencia, la tierra austral fue divisada por el explorador ruso Fabian Gottlieb von Bellingshausen y el británico William Smith en viajes distintos, aunque no es posible saber con certeza quién fue realmente el primero.



1720 – 1779

James Cook

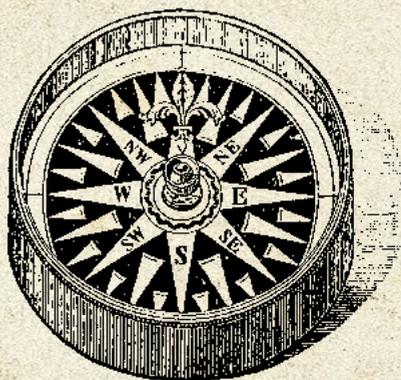
NAVEGANTE, EXPLORADOR Y CARTÓGRAFO BRITÁNICO. NACIÓ EL 7 DE NOVIEMBRE DE 1728 EN LA LOCALIDAD DE MARTON, ACTUAL MIDDLESBROUGH, EN YORKSHIRE, INGLATERRA. LOS 11 AÑOS DE NAVEGACIÓN DE COOK POR EL OCEANO PACÍFICO CONTRIBUYERON A ACRECENTAR LOS CONOCIMIENTOS EUROPEOS SOBRE LA ZONA. EN 1773 CRUZÓ EL CÍRCULO POLAR ANTÁRTICO A BORDO DEL BUQUE *Resolution*. SU VIAJE TERMINÓ LUEGO DE QUE LO APUÑALARAN EN UN ALTERCADO ENTRE MARINOS BRITÁNICOS Y HAWAIANOS EN KEALAKEKUA BAY, REINO DE HAWÁI, EL 14 DE FEBRERO DE 1779.

La era de las exploraciones

SIN IMPORTAR QUIÉN FUE EL VERDADERO
DESCUBRIDOR, LA APARICIÓN DE LA ANTÁRTICA
EN LOS MAPAS MUNDIALES ENCENDIÓ CASI DE
INMEDIATO UNA INSACIABLE SED DE EXPLORACIÓN
Y AVENTURAS QUE DURÓ CASI CIEN AÑOS.

Entre los más recordados exploradores de este período se encuentra James Clark Ross, quien entre 1839 y 1845 visitó el continente al mando de las naves *HMS Erebus* y *HMS Terror*. Ross exploró y descubrió hitos que hoy conocemos como el mar de Ross, la barrera de hielo de Ross y los volcanes gemelos Erebus y Terror. La expedición también identificó varias especies, entre ellas la foca de Ross.

Otro hito importante fue la Expedición Antártica Británica o Expedición del *Discovery*, iniciada 60 años después y comandada por el británico Robert Scott. Esta expedición tuvo la misión de desarrollar investigación científica y exploración geográfica en el Continente Blanco. Inició un largo viaje desde Nueva Zelanda hasta Chile, que duró desde 1901 a 1904.



1790 – 1847

William Smith

CAPITÁN BRITÁNICO, NACIDO EL 11 DE OCTUBRE DE 1790 EN BLYTH, NORTHUMBERLAND, QUE DESCUBRIÓ LAS ISLAS ANTÁRTICAS DE SHETLAND DEL SUR. EN 1819, MIENTRAS NAVEGABA EN EL *Williams* DE BUENOS AIRES A VALPARAÍSO, AVANZÓ MUCHO MÁS AL SUR DEL CABO DE HORNOS EN BUSCA DE VIENTOS FAVORABLES. EL 19 DE FEBRERO DE 1819 LOCALIZÓ LA NUEVA TIERRA A 62° OESTE, SIN DESEMBARCAR. LAS AUTORIDADES NAVALES NO CREYERON SU DESCUBRIMIENTO, PERO EN UN SIGUIENTE VIAJE, EL 16 DE OCTUBRE DE 1819, DESEMBARCÓ EN LA ISLA MÁS GRANDE. LA LLAMÓ ISLA REY JORGE, E ISLAS SHETLAND DEL SUR AL ARCHIPIÉLAGO, EN HONOR A LAS ISLAS SHETLAND QUE ESTÁN AL NORTE DE SU PUEBLO NATAL.

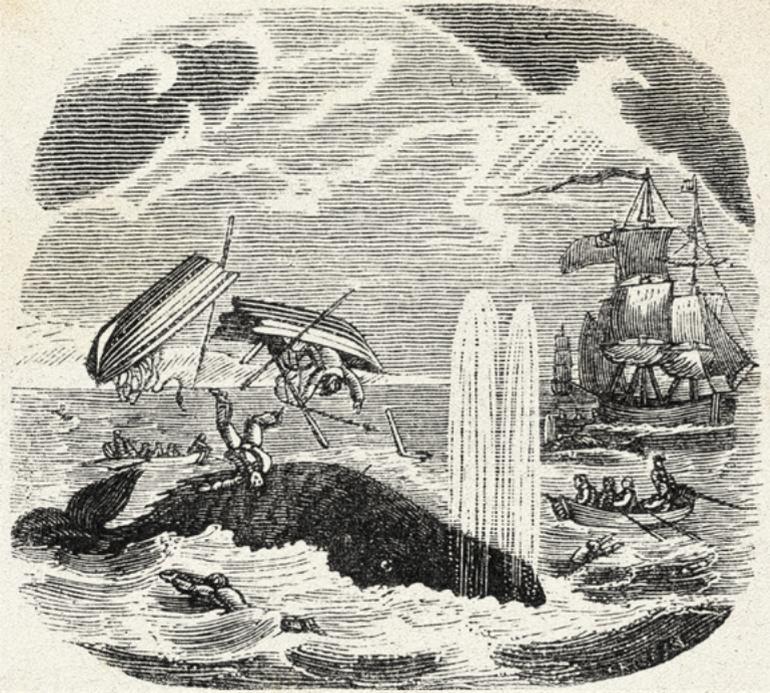
1778 – 1852

Fabian Gottlieb von Bellingshausen

NACIDO EN UNA FAMILIA DE ALEMANES DEL BÁLTIKO EL 20 DE SEPTIEMBRE DE 1778, EMPEZÓ SU CARRERA NAVAL COMO CADETE A LOS 10 AÑOS. EN 1820 LA FLOTA QUE DIRIGÍA ATRAVÉS EL CÍRCULO POLAR ANTÁRTICO, Y EL 27 DE ENERO DE ESE AÑO AVISTÓ LA COSTA DE LA PRINCESA MARTHA A BORDO DE LA CORBETA VOSTOK. MURIÓ EN KRONSTADT EN 1852 CON EL GRADO DE VICEALMIRANTE. UNA ISLA Y UNO DE LOS MARES DE LA ANTÁRTICA TIENEN SU NOMBRE, ADEMÁS DE LA BASE RUSA BELLINGSHAUSEN, UBICADA EN ISLA REY JORGE, EN EL ARCHIPIÉLAGO DE LAS SHETLAND DEL SUR.

Caza y explotación de los recursos antárticos

Junto con los primeros descubrimientos de exploradores en las tierras inexploradas del sur, comenzaron a circular cerca del continente embarcaciones que no tenían como tarea principal el descubrimiento de nuevas áreas, sino el aprovechamiento de los abundantes recursos animales que allí habitaban.



Aunque la explotación de lobos marinos, focas y ballenas durante los siglos XIX y XX significaron casi la completa extinción de varias especies, representaron también los primeros acercamientos sistemáticos a las rutas marítimas del sur de Chile y el continente antártico. Cientos de científicos, misioneros y comerciantes que se dirigían hacia estas zonas poco conocidas se apoyaron en los loberos y pescadores, expertos en surcar los canales, salir de modo seguro al océano y buscar buenos lugares para fondear, con lo cual aportaron al mejor conocimiento de estas latitudes.

Caza de lobos

La caza de lobos de piel fina o lobos de dos pelos comenzó desde fines del siglo XVIII y perduró a lo largo del siglo XIX. Durante este período, embarcaciones de todo tipo llegaron a las costas de la recién descubierta península Antártica y sus islas para atrapar y procesar el aceite y la piel de los lobos marinos, los cuales exportaban a China y otros lugares de Oriente.

Esta cacería descontrolada llevó al borde de la extinción a especies endémicas de la Antártica, pues solo algunos pocos ejemplares pudieron

escapar escondiéndose en lugares inaccesibles, donde lentamente crecieron nuevas colonias. Aunque en la actualidad los lobos marinos se consideran fuera de peligro y están protegidos por tratados internacionales, las huellas de la cacería humana pueden ser estudiadas tanto en los restos arqueológicos dejados por los cazadores como en los cambios de colonias y el material genético de los actuales especímenes de lobos marinos.

Caza de ballenas

A partir de mediados del siglo XIX, el desarrollo de la tecnología pesquera y las crecientes necesidades de la sociedad industrial permitieron el nacimiento de nuevas empresas con el interés y los recursos necesarios para financiar la caza de cetáceos en aguas subantárticas y antárticas.

Apoyadas por financiamientos norteamericanos y británicos, surgieron en Chile importantes empresas dedicadas a esta tarea, como la Sociedad Ballenera de Magallanes (1906), que durante muchos años fue el principal actor en la zona y la primera en establecer en suelo antártico una base en Puerto Foster, isla Decepción.

The "ANTARCTIC" REAL WHALEBONE is ABSOLUTELY ESSENTIAL TO PERFECT FIT. Produced in continuous Coils of 12 yards.

NO PIERCING. **IT** SUITS ALL MATERIALS. SPLITTING. IS EASY TO SEW. WASTE. IS PLIABLE AND DURABLE.

Does Not require casing. Always gives satisfaction. **5 1/2** per yard.

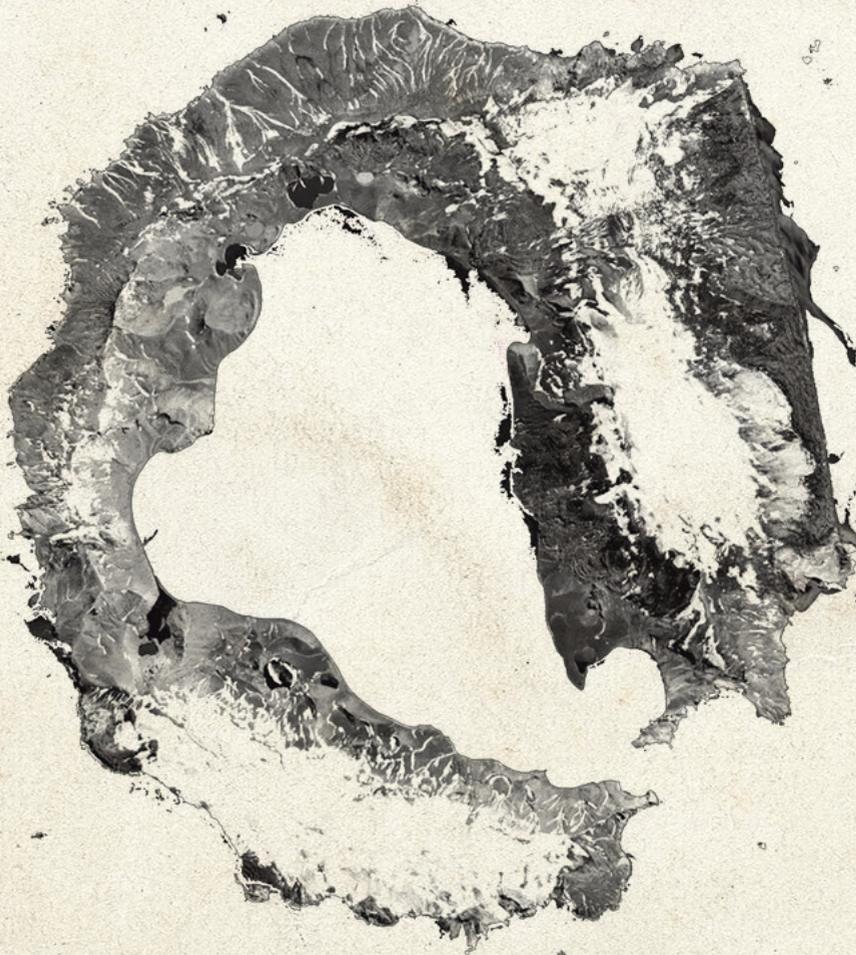
ALL THE LEADING DRESSMAKERS OF LONDON AND PARIS USE IT.

SOLD BY ALL DRAPERS.

Special Discount Allowed to all Dressmakers.

N.B.—Genuine "Antarctic" is labeled every three yards with the name "Antarctic" and the "Harpoon and Anchor" trade mark.

Aviso de fines de 1800 publicitando barbas de ballena o *whalebone* para la confección de fibras para prendas de vestir.



Isla Decepción fue un centro donde se establecieron numerosos refugios e instalaciones para la explotación del aceite de ballenas. Aún es posible encontrar sus restos abandonados en su costa.

La carrera hacia el fin del mundo

No todos los exploradores antárticos han sido asociados necesariamente a hazañas en el mar. Aunque cartografiar las costas y las rutas marítimas era una tarea importante y útil para la navegación y el comercio, también era necesario conocer el blanco interior de la Antártica, con el fin de descubrir sus secretos y dejar una marca en la última tierra desconocida del mundo.

En 1910, el explorador noruego Roald Amundsen zarpó a bordo de la embarcación *Fram* con la esperanza de ser la primera persona en alcanzar uno de los extremos del mundo. Frustrado porque los británicos Frederick Cook y Robert Peary alcanzaron el polo norte antes que él, decidió que la única aventura que le daría un lugar en la historia sería la más difícil tarea de alcanzar el polo sur geográfico.

Para más urgencia, Amundsen no era el único con ese sueño. Tan solo cinco semanas después del *Fram*, el inglés Robert Scott —que años antes encabezó la expedición del *Discovery*— partió a bordo del barco *Terra Nova* con el mismo objetivo, lo que convirtió el viaje en una carrera por la gloria.

Ambos exploradores llegaron en enero de 1911 a extremos opuestos de la barrera de hielo de Ross. Luego de un período de preparaciones e investigaciones científicas, cada equipo inició a fines del invierno un largo viaje por la superficie helada del continente. Amundsen confió el transporte a sus perros, mientras que el equipo de Scott decidió que serían los mismos hombres quienes tirarían de los trineos. Además, el británico quiso retomar la ruta abierta por Shackleton y el *Nimrod*, mientras que el noruego debió explorar un nuevo rumbo para llegar a la meta.



1872 – 1928

Roald Amundsen

Nacido el 16 de julio de 1872 en Borge (Østfold), Noruega, fue un explorador de las regiones polares y dirigió la expedición a la Antártica que por primera vez alcanzó el polo sur en 1911. Todo su viaje sería narrado en su libro *El polo sur: un informe de la expedición antártica noruega en el «Fram», 1910-1912*. Falleció al estrellar su hidroavión en el mar de Barents, el 18 de junio de 1928, en el transcurso de una operación de rescate en el Ártico.

Obsesionado con ser el primero en alcanzar el polo, la expedición de Amundsen comenzó demasiado pronto y debió regresar a la base para no morir congelados. El segundo intento a mediados de octubre tuvo mejor suerte, y a pesar de los peligros y la dificultad del terreno, los cinco miembros de la caravana alcanzaron el polo geográfico el 14 de diciembre de 1911. Satisfecho por no encontrar evidencias de Scott, Amundsen enterró en el hielo la bandera de Noruega, dejó una tienda con provisiones para su competidor —además de una carta para el rey de Noruega con instrucciones para que Scott la entregara— y emprendió el camino de regreso a la base, a la que llegó el 25 de enero. De los 52 perros que los acompañaron, solo 11 permanecieron con vida.

Tan solo tres días después, Scott y su grupo encontraron la bandera noruega y supieron que habían sido derrotados. Sin más que hacer, emprendieron el viaje de regreso, pero pronto descubrieron que la decisión de no usar perros resultaría fatal. Scott se encontró con un clima adverso que hizo casi imposible avanzar; los hombres, agotados y enfermos, no resistieron, y uno a uno fueron muriendo sobre la nieve. Finalmente, a fines de marzo, Scott y los dos últimos miembros de su grupo murieron atrapados por una tormenta.

PARA SABER MÁS

• Muchos testimonios de la exploración antártica han quedado en la historia y arquitectura de la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena. Para más información sobre estos hitos, puedes revisar el libro «Huellas antárticas», publicado por INACH y disponible gratuitamente en www.inach.cl/circuitoantartico/



La exploración chilena del continente

A lo largo de la historia, Chile ha estado fuertemente ligado al descubrimiento y la exploración antártica. El país no solo ha sido un punto estratégico para los más importantes viajes hacia el continente, sino que ha tenido una presencia activa en su exploración.



1914 - 1985

Arturo Parodi

Nació el 9 de enero de 1914 en Puerto Saavedra. En 1947 realizó el primer vuelo chileno en la Antártica, en el hidroavión Vought Sikorski. Fue teniente 1º de la Fuerza Aérea de Chile, institución a la que sirvió por muchos años ayudando en la formación de nuevos pilotos, como también aportando en distintas misiones en ese mismo territorio. Falleció en 1985.

Ya en 1820, el entonces director supremo Bernardo O'Higgins autorizó a Andrew MacFarlane, ex-teniente de la Armada de Chile, a realizar una exploración lobera a bordo del barco *Dragón*, el cual zarpó desde Valparaíso y representó el primer desembarco en la península Antártica.

Si bien desde entonces decenas de viajes hacia el continente iniciaron o terminaron su travesía en Chile y especialmente en Punta Arenas, y aunque el rescate llevado a cabo por el piloto Pardo en 1916 fue una misión oficial de la Armada de Chile, se suele considerar el viaje de las naves *Iquique* y *Angamos* en 1947 como la primera expedición oficial nacional a la Antártica.

Esta expedición, ordenada personalmente por el Presidente Gabriel González Videla, fue el segundo intento de Chile por establecerse en la Antártica, luego de que el plan inicial de un viaje en 1906 se vio frustrado por el terremoto de ese año en Valparaíso.

Comandada por el capitán de navío Federico Guesalaga, *Iquique* alcanzó las islas Shetland del Sur el 20 de enero. Siete días después, el grupo decidió llegar a la isla Greenwich, donde la Armada instaló la primera base

chilena, Soberanía (hoy conocida como base Arturo Prat), inaugurada oficialmente el 6 de febrero. En su discurso para la ocasión, Guesalaga declaró: «Mientras haya un buque en la mar, en cuya popa flamee nuestra bandera, no habrá más que un solo Chile, de Arica a la Antártica».

Estas no fueran las únicas novedades del viaje: el 15 de febrero, el teniente Arturo Parodi, miembro de la Fuerza Aérea nacional, completó el primer vuelo chileno y latinoamericano sobre el continente, al sobrevolar la isla Greenwich y sus alrededores a bordo del hidroavión Vought-Sikorsky, el cual no tenía la calefacción ni capacidades adecuadas para operar en la zona.

Tan solo un año después, una nueva exploración contó con la presencia del mismo Presidente González Videla, primer jefe de Estado en el mundo en llegar al Continente Blanco, quien junto a su familia abordaron la embarcación *Presidente Pinto* con el fin de hacer patria en esta tierra que, en pleno comienzo de la Guerra Fría, estaba siendo disputada por varios países interesados.

La odisea del *Endurance*

Sir Ernest Shackleton nunca llegó al polo sur geográfico, pero fue ejemplo de valor, liderazgo y perseverancia en condiciones adversas. Aquí, los principales hitos de la Expedición Imperial Transantártica.

La última de las figuras recordadas de la era heroica de la exploración polar fue sir Ernest Shackleton (1874-1922), explorador británico que realizó su primera navegación al cabo de Hornos cuando tenía 16 años. Como marino mercante, participó en el viaje del *Discovery* y, años después, lideró la expedición del *Nimrod* (1907-1909), que determinó la posición del polo sur magnético y abrió una ruta al polo sur geográfico, que fue luego utilizada por Robert Scott.

Pero, sin duda, su aventura antártica más famosa fue su viaje al mando del *Endurance*, que en 1914 se adentró al Continente Helado con la intención de recorrer cerca de 3.000 km a lo largo del polo sur, gran parte del cual no había sido antes explorado.

Desafortunadamente, las malas condiciones climáticas y la dificultad para abrirse paso por los glaciares hicieron que, el 18 de enero de 1915, el *Endurance* quedase atrapado en el hielo del mar de Weddell y empujado por él hacia el norte. Poco tiempo después, el hielo aplastó la embarcación y la tripulación debió armar un campamento, desde donde vieron cómo el *Endurance* se hundió lentamente.

La tripulación pasó el invierno aislada hasta que el tiempo mejoró. Entonces, Shackleton fue capaz de equipar pequeños botes y llevar la tripulación a la isla Elefante, una pequeña tierra deshabitada en la zona norte de la península antártica. Desde allí, Shackleton comandó un nuevo viaje acompañado por cinco hombres hasta la islas Georgias del Sur, donde por fin encontraron una estación ballenera habitada, fueron rescatados y llevados hasta las costas sudamericanas.

El *Endurance* en la Antártica.

FUENTE: [HTTPS://COMMONS.WIKIMEDIA.ORG](https://commons.wikimedia.org)



Allí, tras varios intentos fallidos por conseguir embarcaciones adecuadas con las que rescatar al resto de la tripulación, Shackleton llegó hasta Punta Arenas, donde solicitó ayuda al gobierno chileno.

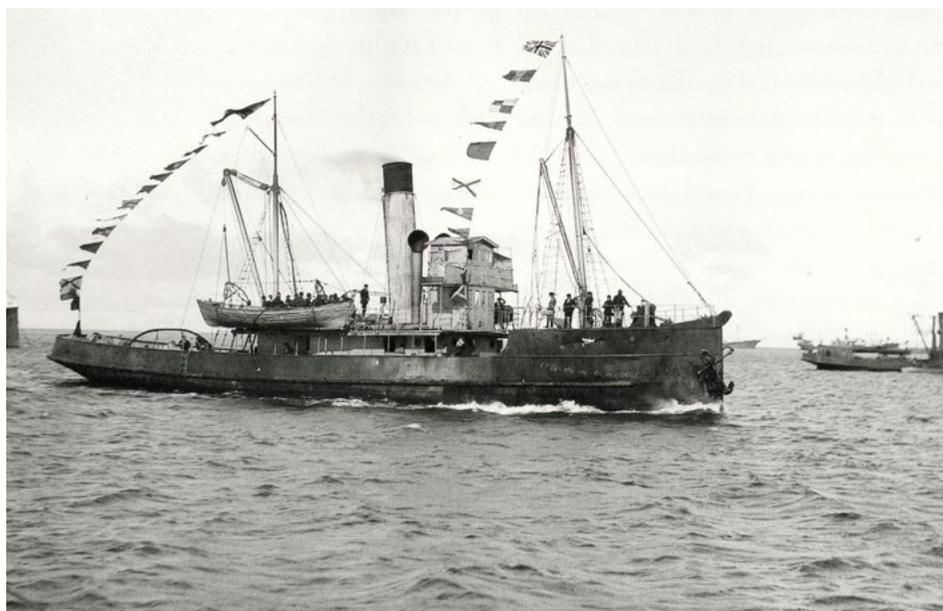
LUIS PARDO VILLALÓN

El rescate en la *Yelcho*

La Armada de Chile ofreció entonces el uso de la escampavía *Yelcho*, un pequeño barco de vapor para surcar el océano Austral y atravesar las aguas congeladas.

El 25 de agosto de 1916, la *Yelcho* zarpó de Punta Arenas al mando del capitán chileno Luis Pardo Villalón. Protegidos por un clima más agradable que en expediciones anteriores, realizaron el peligroso viaje a través del Paso Drake y lograron rescatar a todos los tripulantes del *Endurance*, que esperaban pacientemente noticias de Shackleton.

Ambas tripulaciones desembarcaron en el puerto de Punta Arenas el 3 de septiembre de 1916 y fueron recibidas como héroes por cerca de ocho mil personas. Tras la hazaña, el gobierno británico ofreció un premio de 25 mil libras esterlinas a Pardo como agradecimiento, dinero que el piloto rechazó afirmando que solo había cumplido su deber como miembro de la Armada chilena.



1882 – 1935

Luis Pardo Villalón

Nació el 20 de septiembre de 1882 en Santiago, Chile. Un grupo de islas al noroeste de las Shetland del Sur llevan su nombre en honor a su acción heroica durante el rescate de la tripulación del *Endurance*, por la cual recibió amplios honores dentro y fuera del país. Murió el 21 de febrero de 1935, a los 52 años de edad, en Santiago, a causa de una bronconeumonía. El cordón Pardo, la porción más alta de isla Elefante, también fue bautizado en su honor, y a un cabo en el extremo norte de la isla se le dio el nombre *Yelcho*.

La escampavía *Yelcho*

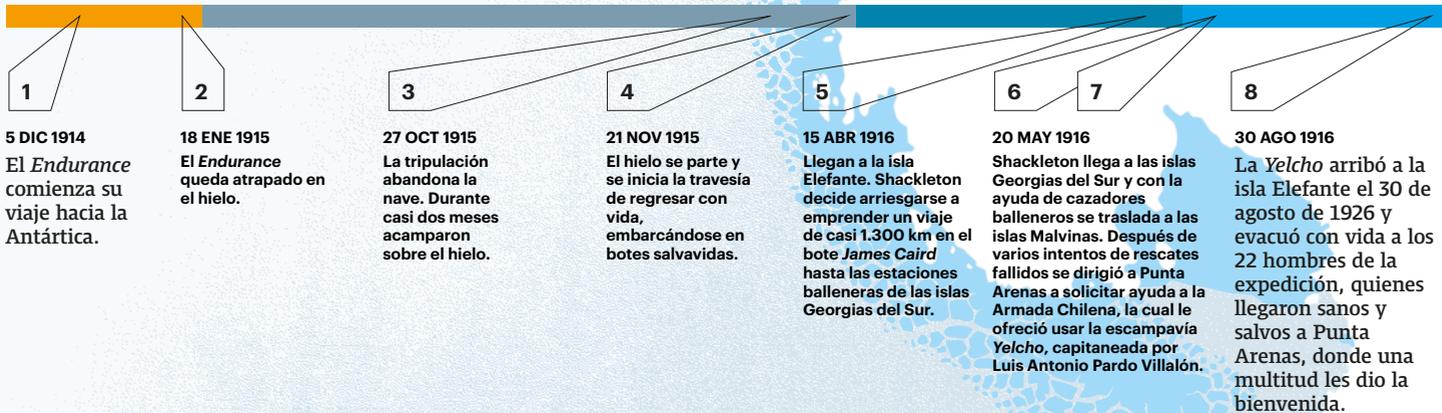
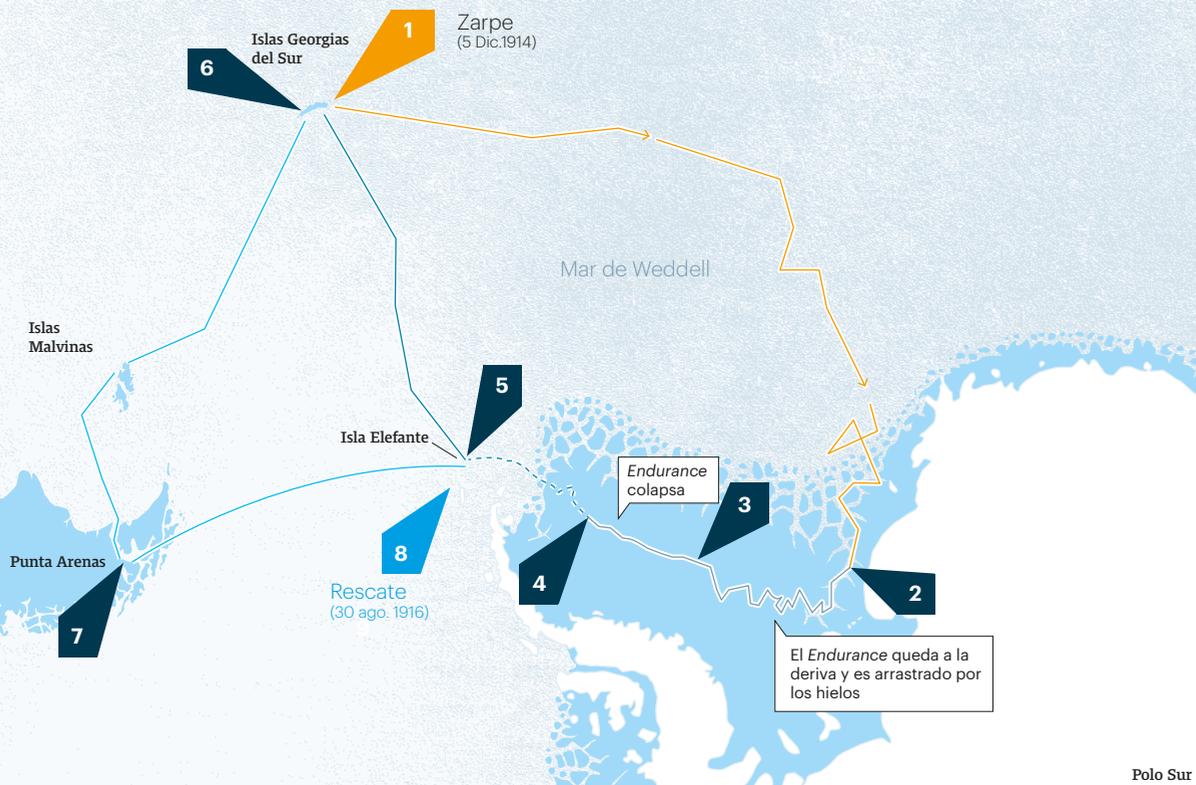


1874 - 1922

Sir Ernest Shackleton

Explorador polar anglo-irlandés y una de las principales figuras de la edad heroica de la exploración de la Antártica. Nació el 15 de febrero de 1874 en Kildare, Irlanda. Interesado desde joven por recorrer los mares, empezó a trabajar como grumete en la marina mercante británica y en pocos años logró acreditarse como capitán de barco.

Tras la aventura del *Endurance*, regresó a una Europa absorbida por la Primera Guerra Mundial, por lo que el público mostró poco interés por sus hazañas antárticas. A los 47 años inició un último viaje a la Antártica a bordo del *Quest*. En 1922 falleció de un ataque cardíaco, mientras la nave descansaba en las islas Georgias del Sur.





El piloto chileno Luis Pardo retratado junto a los náufragos del *Endurance* frente al Hotel Royal, de Punta Arenas, suceso que marca el fin de la edad heroica en la exploración antártica.

La institucionalidad antártica nacional

El 17 de septiembre de 2020 se publicó en el Diario Oficial la Ley 21.255, que establece el nuevo Estatuto Chileno Antártico.

Este estatuto ofrece un marco legal renovado y actualizado que facilita la interacción de los múltiples actores involucrados en la actividad polar nacional y armoniza las disposiciones legales existentes. Además, moderniza y sistematiza el ordenamiento jurídico interno, abordando la institucionalidad antártica del país, las competencias de los diversos órganos del Estado, el gobierno interior y el ejercicio de la jurisdicción y sanciones, entre otros temas, a partir de una estructura a largo plazo que tiene como eje central la Política Antártica Nacional y que es elaborada en el seno del Consejo de Política Antártica Nacional.

La ley establece procedimientos y condiciones para las actividades desarrolladas en el Continente Austral, un sistema de permisos y

evaluaciones de impacto ambiental, dispone la protección del medioambiente antártico y sus ecosistemas dependientes y asociados, tipifica faltas y delitos, y sanciona su inobservancia.

Junto con establecer las funciones de los ministerios de Relaciones Exteriores, de Defensa y de Ciencia y Tecnología, el estatuto reconoce como principal misión del Instituto Antártico Chileno (INACH) el planificar, coordinar, autorizar y realizar la actividad científica, tecnológica y de difusión en materias antárticas. Para lograr estos objetivos se reforzó la institucionalidad antártica nacional, con competencias y funciones específicas, desde el nivel de decisión política superior a la ejecución de las tareas operativas o la mantención de bases y capacidades de los operadores antárticos de las Fuerzas Armadas.



A large colony of penguins, likely King penguins, is gathered on a rocky, brownish shore. In the background, there are majestic, snow-capped mountains under a clear blue sky with a few wispy clouds. The scene is brightly lit, suggesting a sunny day in a high-altitude or high-latitude environment.

«Nuestro país, como el más cercano a la Antártica, aporta permanentemente en su conexión con el resto del mundo. Sus bases, la mayoría en proceso de renovación, la conectividad aérea, la protección de la seguridad a la navegación y las tareas de rescate son algunos de los elementos que configuran la presencia de Chile. A su vez, nuestra vocación científica adquirirá cada vez más importancia ante los desafíos globales, como el del cambio climático».

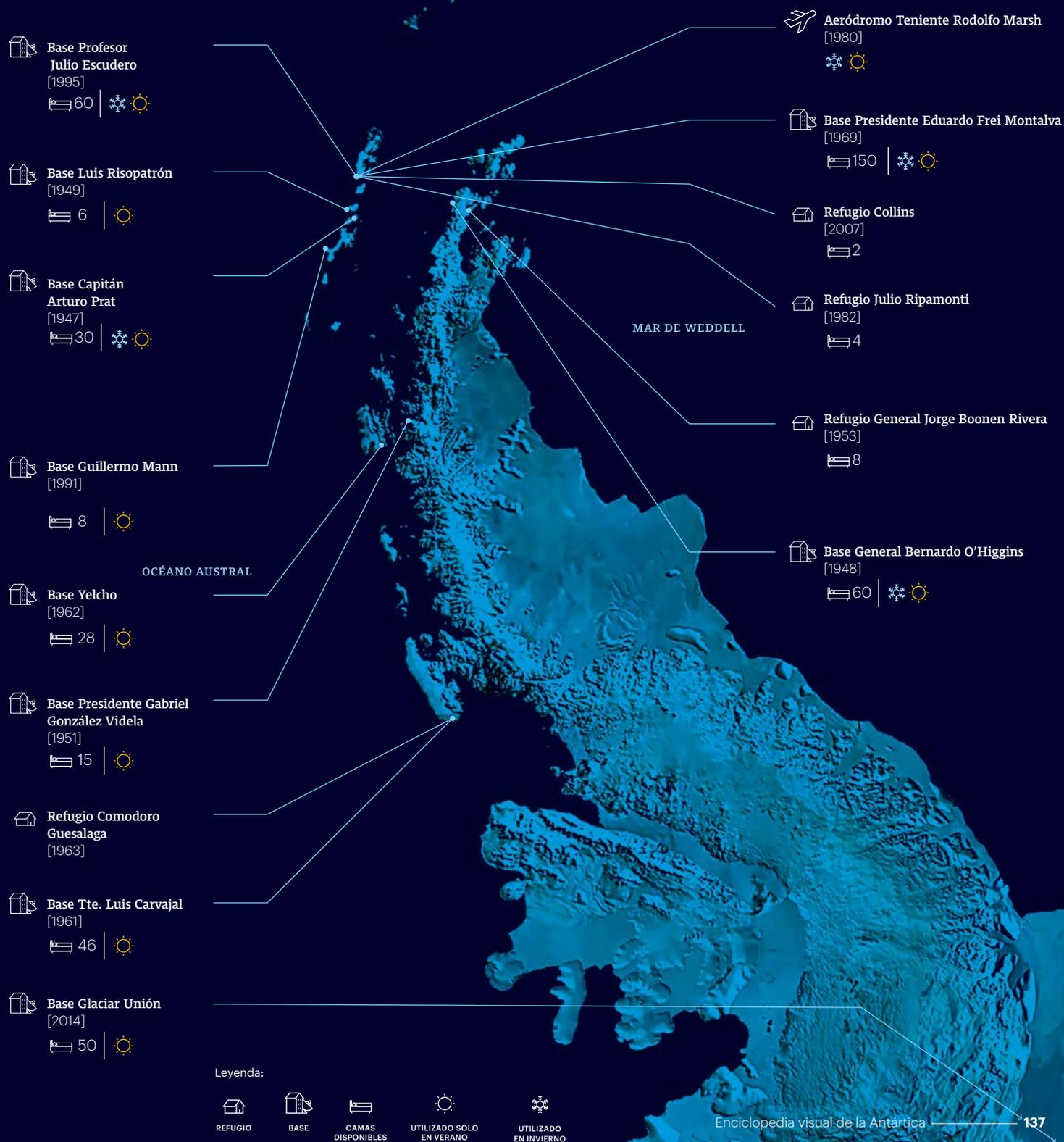
Andrés Allamand,
ministro de Relaciones Exteriores.

Bases antárticas chilenas

Vivir en la Antártica

La península de Fildes, en isla Rey Jorge, posee la mayor concentración de bases e instalaciones científicas en la Antártica. El núcleo poblacional chileno Villa Las Estrellas y otras bases nacionales comparten espacio con instalaciones de Argentina, Uruguay, Rusia y China, según acuerdos de cooperación y paz. Importante punto turístico del continente, posee hitos como la iglesia ortodoxa rusa de la Santísima Trinidad y el monumento al Tratado Antártico.

Chile ha consolidado una red de plataformas científico-logísticas de más de 3.000 km de extensión, que va desde Punta Arenas hasta el glaciar Unión, con apoyo del INACH, las Fuerzas Armadas, Conicyt y el gobierno de la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, con el fin de aprovechar las incomparables oportunidades científicas que ofrece el continente.



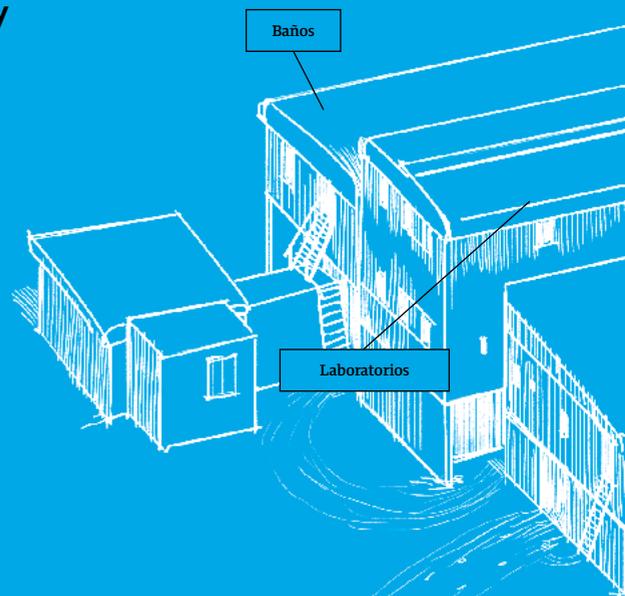
Bases para un mundo helado

Las diferentes finalidades y necesidades de investigadores y visitantes hacen que cada base instalada en la Antártica tenga tamaños y características especiales, tanto en su infraestructura y acomodaciones como en equipo disponible y tiempo de uso.

Mientras algunas pueden ser habitadas durante todo el año, otras solo pueden albergar ocupantes durante los meses más cálidos. Pero todas fueron diseñadas pensando en mantener el frío fuera y permitir el desarrollo de actividades complejas de forma eficiente, segura y respetuosa del medioambiente.

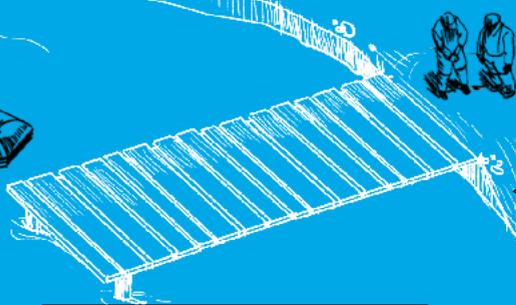
PARA SABER MÁS

- Puedes ver un video de un sobrevuelo de la base del INACH Profesor Julio Escudero.



Bote de goma

Usados para el transporte de investigadores y carga menor, ya sea hacia puntos de muestreo, otras bases o desde y hacia buques.

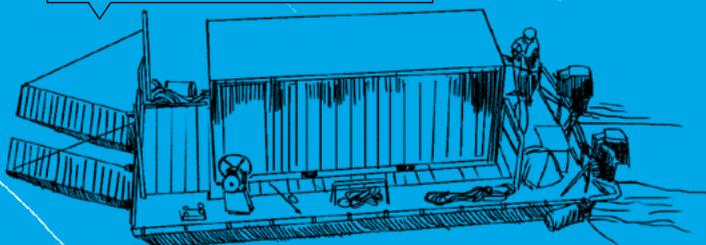


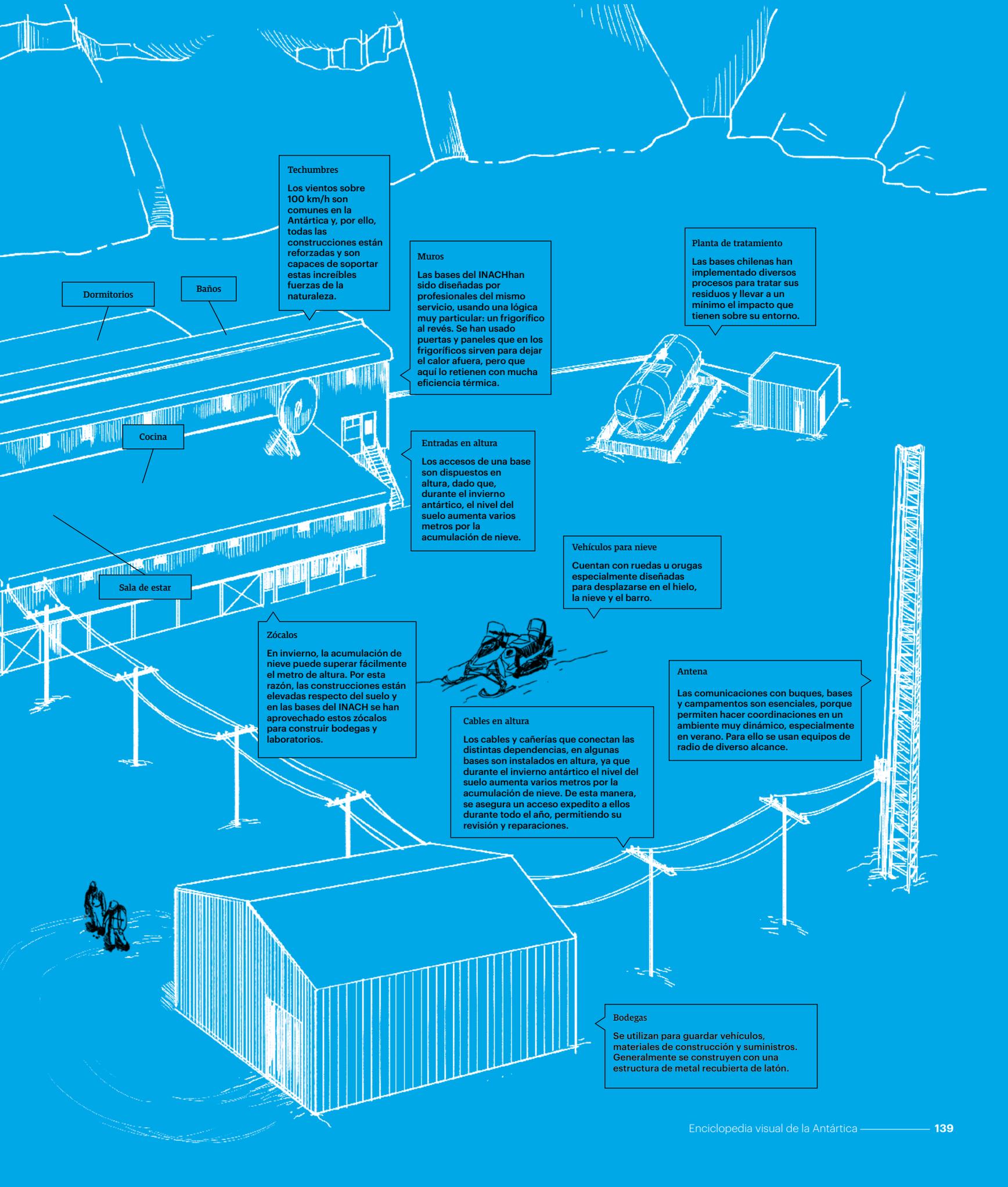
Barcaza para carga

Plataforma flotante con motores fuera de borda adaptada para la carga de material y capacidad de transportar un contenedor. Se utilizan para mover suministros desde barcos a los muelles cercanos a las bases antárticas.

Muelle de desembarco

Son estructuras que están operativas principalmente en verano, cuando el hielo que congela bahías y amplios sectores costeros se derrite y deja las costas libres para el movimiento de carga o pasajeros.





Dormitorios

Baños

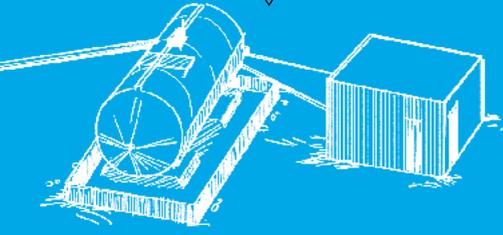
Techumbres
Los vientos sobre 100 km/h son comunes en la Antártica y, por ello, todas las construcciones están reforzadas y son capaces de soportar estas increíbles fuerzas de la naturaleza.

Muros
Las bases del INACH han sido diseñadas por profesionales del mismo servicio, usando una lógica muy particular: un frigorífico al revés. Se han usado puertas y paneles que en los frigoríficos sirven para dejar el calor afuera, pero que aquí lo retienen con mucha eficiencia térmica.

Planta de tratamiento
Las bases chilenas han implementado diversos procesos para tratar sus residuos y llevar a un mínimo el impacto que tienen sobre su entorno.

Cocina

Entradas en altura
Los accesos de una base son dispuestos en altura, dado que, durante el invierno antártico, el nivel del suelo aumenta varios metros por la acumulación de nieve.



Sala de estar

Vehículos para nieve
Cuentan con ruedas u orugas especialmente diseñadas para desplazarse en el hielo, la nieve y el barro.

Zócalos
En invierno, la acumulación de nieve puede superar fácilmente el metro de altura. Por esta razón, las construcciones están elevadas respecto del suelo y en las bases del INACH se han aprovechado estos zócalos para construir bodegas y laboratorios.



Antena
Las comunicaciones con buques, bases y campamentos son esenciales, porque permiten hacer coordinaciones en un ambiente muy dinámico, especialmente en verano. Para ello se usan equipos de radio de diverso alcance.

Cables en altura
Los cables y cañerías que conectan las distintas dependencias, en algunas bases son instalados en altura, ya que durante el invierno antártico el nivel del suelo aumenta varios metros por la acumulación de nieve. De esta manera, se asegura un acceso expedito a ellos durante todo el año, permitiendo su revisión y reparaciones.

Bodegas
Se utilizan para guardar vehículos, materiales de construcción y suministros. Generalmente se construyen con una estructura de metal recubierta de latón.

Nuevas bases para la ciencia: Yelcho y Carvajal

Chile renovará dos bases antárticas, las que mostrarán importantes avances en el campo científico-técnico, en términos de sustentabilidad y construcción amigable con el medioambiente. La remodelación de las bases se llevará a cabo siguiendo las guías del Protocolo de Madrid y las normas medioambientales chilenas, que contienen indicaciones en acuerdo entre sí. El trabajo busca reducir la huella de carbono de las operaciones antárticas, usando energía eficiente y materiales no tóxicos ni combustibles.

Carvajal

Ubicada en la bahía Margarita, dentro del círculo polar.
Será una estación permanente.
Capacidad para 70 personas.
Vientos del noreste al sureste.

Interiores

El interior de las estaciones estará diseñado para brindar comodidad a sus ocupantes. Contará con moderno equipo científico.

Energía

Las nuevas bases buscan minimizar su consumo de energía.

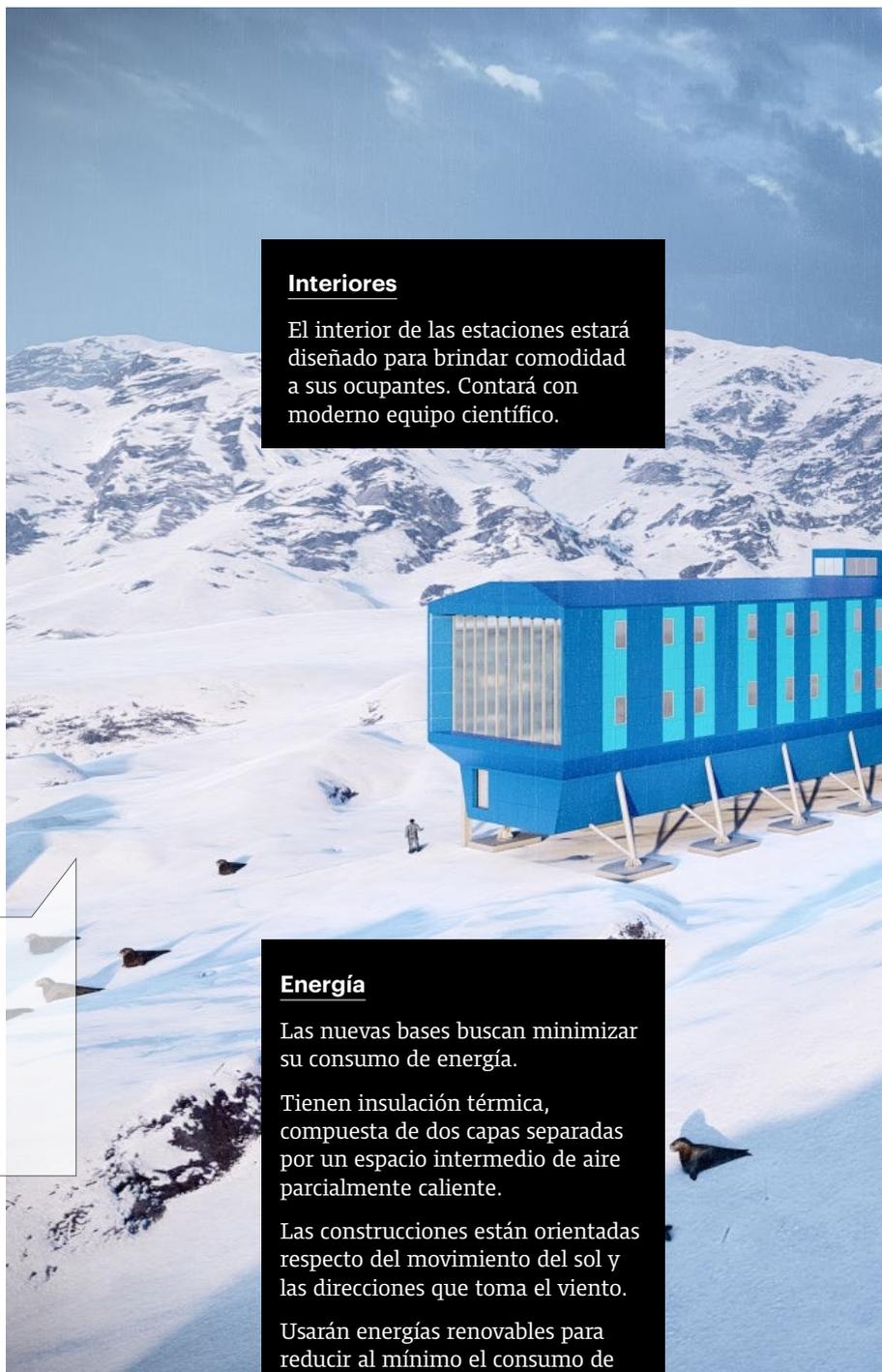
Tienen insulación térmica, compuesta de dos capas separadas por un espacio intermedio de aire parcialmente caliente.

Las construcciones están orientadas respecto del movimiento del sol y las direcciones que toma el viento.

Usarán energías renovables para reducir al mínimo el consumo de combustibles fósiles.

Cuentan con paneles fotovoltaicos y sistemas de captura de energía eólica.

Se espera que cerca del 30% de la energía utilizada provendrá de energías renovables.





Sistema sanitario y agua

Ambas estaciones contarán con agua potable y tratamiento de desperdicios según las regulaciones chilenas y las guías del Protocolo de Madrid.

Contarán con plantas de desalinización, lo que reducirá la importación de agua potable desde Punta Arenas.

Las estaciones tienen capacidad de hasta dos días de autonomía, gracias a sus plantas de tratamiento de aguas.

Utilizarán sistemas de biodigestión para reducir los desperdicios en la cocina y comedores.

Este equipo podrá reducir el volumen de desperdicio de la cocina en 90 %.

Iluminación y ruido

Tendrá iluminación adecuada para prevenir interferencia con los procesos biológicos y químicos que se desarrollen en los laboratorios.

Los dormitorios tendrán sistemas de iluminación artificial que simulen los ciclos regulares de luz y oscuridad, para no afectar el ritmo circadiano de los habitantes durante los largos periodos de luz total en verano y de oscuridad total en invierno.

La luz externa ha sido diseñada para minimizar su impacto en el ecosistema, y en particular en las aves locales.

Las emisiones de ruido serán atenuadas.



Yelcho

**Ubicada en la costa sur de la isla Doumer.
Será ocupada durante el verano.
Capacidad para 42 personas.
Vientos de este a oeste.**

INSTITUTO ANTÁRTICO CHILENO

Asumiendo la vocación antártica de Chile



El Instituto Antártico Chileno (INACH) es un organismo técnico del Ministerio de Relaciones Exteriores de Chile, cuya misión es planificar, coordinar, orientar y controlar las actividades científicas y tecnológicas que los organismos del Estado o particulares realicen en el Territorio Antártico.

Historia

La participación de Chile en la II Reunión Consultiva del Tratado Antártico de 1962 hizo ver la necesidad de crear un organismo autónomo que tuviese como tarea principal velar por el desarrollo científico y técnico del país en el sector más austral de su territorio, para cumplir con los desafíos y deberes que el país asumió al firmar el Tratado Antártico.

Gracias a esta idea, el 10 de septiembre de 1963 el Parlamento aprobó la creación del INACH mediante la Ley 15.266. Tan solo un año después inició sus funciones el Departamento Científico de la institución, el cual organizó la primera Expedición Científica Antártica (1964–1965).

Desde entonces, el INACH ha trabajado constantemente para instalar a Chile como la puerta de entrada al Continente Blanco a través de la colaboración internacional, el desarrollo de la ciencia y la construcción de una imagen país que mira hacia el sur como una fuente de desarrollo.

Crecimiento y modernización

Durante la década de los 90, el INACH comenzó un proceso de crecimiento que continúa hasta hoy, caracterizado por la modernización de su infraestructura y el desarrollo de investigaciones al interior del continente. Fue en esta época que el Instituto armó las primeras bases en la Antártica, como es el caso de la base «Profesor Julio Escudero», en 1995, con el apoyo de gobierno de la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, y de la base «Antonio Huneeus», en Patriot Hills, en 1999.

Hacia Magallanes

La consolidación del INACH en la Antártica evolucionó lógicamente hasta la decisión de instalar su centro de operaciones en una de las ciudades más australes del mundo. Fue así como, en 2003, el Instituto trasladó su sede nacional a Punta Arenas, un desafío que constó de tres ejes: mejorar la calidad de la ciencia antártica nacional y aumentar los recursos; robustecer la condición de región antártica, y desarrollar el capital social a nivel nacional en torno al Continente Helado a través de la cultura y la educación.

Desde entonces, la presencia del INACH en Magallanes ha llevado a convertirla en un epicentro de interés internacional para los países que hacen investigación en el sector de la península Antártica. Hoy son más de 20 las naciones que eligen la ciudad como punto de partida de sus expediciones, con todo lo que eso implica en retorno económico para Punta Arenas y las infinitas posibilidades científicas y turísticas.

Programa Nacional de Ciencia Antártica

El Programa Nacional de Ciencia Antártica (PROCIEN) de INACH está formado por diversas líneas de proyectos científicos que el Instituto financia, organiza, coordina y ejecuta directamente o con apoyo de las universidades y centros de investigación en el país.

Actualmente, el PROCIEN cuenta con siete líneas de investigación vinculadas con los programas de investigación de SCAR, las cuales están enfocadas en diversos aspectos de la Antártica que pueden ser explorados desde Chile. Estas líneas son:

Estado del ecosistema antártico:

Su objetivo es estudiar la biodiversidad presente y pasada en el continente, con el fin de aplicar los conocimientos aprendidos para la preservación y manejo de los ecosistemas antárticos.

Resiliencia y adaptación al ecosistema:

Los diversos factores de estrés a los que se encuentra actualmente sometido el continente son el enfoque de esta línea de investigación. La variabilidad estacional e interanual, la radiación ultravioleta, la escasez de agua y la influencia humana son algunos de los aspectos a estudiar.

Cambio climático en la Antártica:

A partir de los desafíos ambientales que el cambio climático representa para el futuro del continente, diversos proyectos multidisciplinarios en esta línea buscan estudiar señales de este fenómeno en la atmósfera, el océano Antártico y la criósfera en los próximos años. Además, ayuda a conocer más y monitorear la evolución de las capas de hielo a lo largo del continente.

Astronomía y Ciencias de la Tierra:

Esta línea integra las diferentes ramas de investigación antártica para armar estudios globales del continente y su océano circundante, a partir de estudios geológicos, astronómicos y astrofísicos.

La estudiante de Geología de la Universidad de Atacama, Gyslaine Mansilla, toma muestras de nieve en la isla Rey Jorge.

Biotechnología:

El estudio de moléculas antibacteriales, las enzimas en krill y compuestos anticongelantes, entre otros, ha abierto un enorme campo de aplicaciones en biotecnología y medicina.





78

investigadoras e investigadores lideran los proyectos del PROCIENT 2020

327

personas integran la red y la comunidad del PROCIENT, al considerar a todas las personas que conforman los equipos de trabajo

87

proyectos de investigación

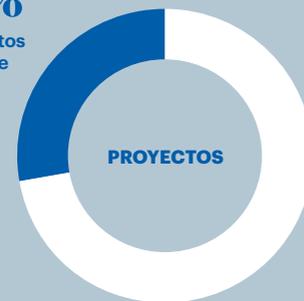
7

líneas de estudio, enmarcadas dentro de las prioridades señaladas por el Comité Científico de Investigación Antártica (SCAR)

43

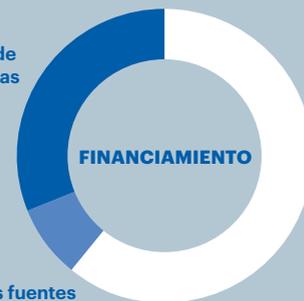
años es el promedio de edad de quienes lideran proyectos

27,6 %
son Proyectos de Gabinete



72,4 %
son Proyectos de Terreno

31 %
ANID a través de cinco programas



INACH financia el

61 %

de las iniciativas, con dos concursos

8 %
posee otras fuentes de financiamiento de carácter institucional o internacionales

Huellas humanas en la Antártica:

La Antártica se caracteriza por un ambiente de complejas interrelaciones con el resto del planeta, pues influencia y es influenciada por todo lo que ocurre en la Tierra. Por ello, esta línea estudia cada aspecto de esta intrincada relación, desde las consecuencias de erupciones volcánicas y especies invasoras hasta los efectos del Tratado Antártico y las bases instaladas en el continente.

Ciencias Sociales y Humanidades:

En la Antártica, el único continente sin población indígena o asentamiento humano permanente, las humanidades y las ciencias sociales abordan una serie de cuestiones importantes. ¿Qué tipo de narraciones e imágenes creamos para sentirnos como en casa en un lugar con una historia humana tan breve, y cómo estas afectan nuestras interacciones actuales con la región? ¿Cómo lo gobernamos?



países afiliados a PROCIENT

Mujeres en ciencia antártica

48%

de los proyectos relacionados con ciencia antártica durante el 2020 fueron liderados por mujeres.

Durante 2020 se desarrollaron más de 100 proyectos relacionados con ciencia antártica. De ellos, cerca del 48 % fue dirigido por mujeres, lo cual representa un aumento del 10 % en la distribución de mujeres líderes de proyectos en los últimos 10 años.





93%

de los equipos liderados por mujeres incorpora a hombres en el grupo.

El INACH está implementando un plan para aumentar progresivamente la inclusión de mujeres en el equipo logístico que participa en las Expediciones Científicas Antárticas, hasta lograr la paridad de género.

El resultado contrasta con la experiencia en Chile y el resto del mundo, ya que se estima que solo cerca de 35 % a 40 % de los proyectos de investigación a nivel mundial son liderados por mujeres.

Estas cifras muestran una importante presencia femenina dentro del entorno de la ciencia antártica. Sin embargo, al analizar las estadísticas de participación con más detalle, vemos que todavía existen diferencias y desafíos importantes en esta área.

Desafíos

La mayor participación de mujeres se puede encontrar, sobre todo, en las etapas tempranas de la carrera científica, y dado que se le otorga el mismo peso a cada proyecto, este aumento abulta las cifras generales de participación femenina. Sin embargo, al aislar los proyectos que están enfocados en fase regular, el porcentaje de mujeres se equipara con las cifras globales (36 %), e incluso desde el 2017 se ve un descenso en la proporción de mujeres adjudicándose fondos.

Otro aspecto interesante descubierto al analizar los proyectos es que el liderazgo femenino en proyecto lleva a formar grupos de trabajo más paritarios, puesto que hasta el 93 % de los equipos liderados por mujeres incorpora a hombres en el grupo, cifra que los equipos liderados por hombres incluyen a mujeres solo en el 64 % de los casos.

A su vez, el análisis de los datos revela que existe todavía en el Instituto el fenómeno del «techo de cristal», una serie de barreras y discriminaciones invisibles que hacen difícil a las mujeres acceder a los más altos puestos de trabajo. Esto trae como consecuencia la pérdida importante de talentos y potencial de trabajo femenino.

Igualdad de género y no discriminación

El INACH ha enfrentado estos desafíos participando de una agenda de igualdad de género y no discriminación en la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, lo que incluye el desarrollo de investigaciones y monitoreo de los programas usando un enfoque de género, además del desarrollo y comunicación de actividades que identifiquen estereotipos, fomenten la participación de niñas y adolescentes en actividades científicas, además de diálogos ciudadanos y la promoción de una cultura institucional de igualdad de género.

Estas propuestas han permitido analizar e identificar los desafíos que INACH debe enfrentar para fomentar un trabajo científico más paritario en todas sus áreas.

Nuevas investigaciones

El Programa Nacional de Ciencia Antártica (PROCIEN) financia, organiza, coordina y ejecuta proyectos científicos directamente o con asistencia de otras agencias del país, además de colaboración internacional. Cada año decenas de proyectos exploran aspectos de Antártica y su historia, su biodiversidad y biotecnología, su relación con el cambio climático y muchos más.



Espojas marinas antárticas

Las esponjas marinas establecen una de las relaciones simbióticas más basales y complejas, con microorganismos compuestos por bacterias, arqueas y microbios eucariotas, que poseen un rol relevante en el ciclo biogeoquímico de carbono y nitrógeno.

El componente de arqueas en las esponjas antárticas incluye las *Thaumarchaeota*, entre las que domina el género *Nitrosopumilus*. Recientemente, el análisis de metagenoma desarrollado por el doctor Mario Moreno y su equipo a dos especies de esponja antártica (*Myxilla* sp. y *Leucetta antarctica*) indican que *Nitrosopumilus* sp. juega un rol crucial en los ciclos de carbono y nitrógeno, al llevar a cabo la oxidación autótrofa de amonio. Por lo tanto, es importante entender en detalle el mecanismo y la regulación de los ciclos de nitrógeno y carbono desarrollados por esta arquea en las esponjas marinas antárticas, como uno de los objetivos de este proyecto financiado por ANID.



Comunidades en la nieve

El objetivo del proyecto de María Estrella Alcamán es determinar la diversidad de las comunidades microbianas en la nieve, el aire y la superficie del océano Austral, para determinar sus interacciones químicas y biológicas con el entorno cercano, de modo de revelar su rol biogeoquímico y los procesos atmosféricos orgánicos relacionados con el carbono inorgánico, el nitrógeno y los contaminantes atmosféricos dominantes. Los resultados de este proyecto financiado por ANID podrían revelar, por primera vez, en la península Antártica occidental la estructura de la comunidad microbiana en la nieve y su interacción con el aire y la superficie del océano, para determinar si el ecosistema nevado es influenciado principalmente por deposiciones atmosféricas o por la costa oceánica. Además, estos resultados entregarán información para los efectos del transporte aéreo a largas distancias y la polución local de los ecosistemas antárticos costeros.



Distribución y cambio climático

Una de las respuestas más comunes a los efectos del cambio climático es la variación en la distribución de las especies, y con esto la modificación de la arquitectura de diversidad genética.

El principal objetivo del proyecto de Claudia Maturana, financiado por ANID, es entender los efectos de cambios climáticos del pasado, presente y futuro en la distribución de la especie invertebrada de agua dulce *Branchinecta gaini*, estudiando su secuencia de ADN, data genómica y modelos de nicho. Para ello, combina la data genómica con capas climáticas y crea modelos a partir de los diferentes escenarios de cambio climático planteados por el IPCC. Esta información permitirá determinar si habrá cambios en las actuales distribuciones de especies, y así predecir el destino de las regiones antárticas, subantárticas y magallánicas frente a las presiones antropogénicas del cambio climático.



Evolución de la flora

El proyecto de Marcelo Carvalho y Cristine Trevisan busca investigar la evolución paleoambiental y paleoclimática de la región, a partir de la paleoflora encontrada en la península Antártica, para correlacionarla con América del Sur y así poder entender la distribución de la flora moderna.



Química de los líquenes

Mario Simirgiotis dirige un proyecto multidisciplinario, financiado por INACH, que reúne conocimiento químico y biológico para lograr por primera vez un mejor entendimiento de la química de los líquenes antárticos (*Usnea aurantiaco-atra*, *Himantormia lugubris* y *Usnea antarctica*), así como su actividad neuroprotectora y remielinizadora de sus metabolismos.

Nuevas investigaciones



FOTO: S. IZQUIERDO

Pingüinos, ingenieros del ecosistema terrestre

La Antártica es uno de los continentes más extremos de la Tierra y también se encuentra entre los más afectados por el calentamiento global. El clima predominantemente polar reduce las posibilidades de colonización de las pocas áreas sin hielo por formas de vida durante el corto verano antártico. Sin embargo, el proyecto de Angélica Casanova plantea la hipótesis de que las colonias de pingüinos actúan como ingenieros del ecosistema, siendo la fuente clave de nutrientes gracias al guano que producen y, por lo tanto, tienen un impacto esencial en el establecimiento de una comunidad del tipo tundra.

Bionanotecnología polar

La bionanotecnología, el estudio de la interacción de nanomateriales con sistemas biológicos, representa una oportunidad poco explorada para generar conocimientos fundamentales, pero particularmente para desarrollar nuevas tecnologías basadas en microorganismos antárticos que son capaces de sintetizar nanopartículas fluorescentes de Cu o Cd (quantum dots). El proyecto del Dr. José Pérez (UNAB) se basa en resultados innovadores obtenidos en su proyecto financiado por el INACH, que indica que: i) algunas bacterias antárticas psicotrópicas biosintetizan QD de CdS a baja temperatura y ii) las bacterias pueden sintetizar quantum dots de Cu₂S. La foto muestra a dos investigadores de este proyecto obteniendo muestras de suelo en el sector del glaciar Unión.



FOTO: F. TRUEBA

FOTO: H. DÍAZ



Volcanismo en las Shetland del Sur

El Dr. Luis Lara (Sernageomin) estudia el comportamiento de los volcanes antárticos, su creación y su reciente relación con el continente. Busca entender qué relación existe entre dos cadenas volcánicas (Bransfield y Larsen), si se iniciaron al mismo tiempo, y qué procesos intervienen en la generación del volcanismo en esos lugares. Según Lara, existen más teorías acerca del volcanismo en las islas Shetland del Sur, pero no existe una explicación muy completa sobre el origen del volcanismo más al sur de estas islas. Este proyecto es financiado por INACH.



Ciudades antárticas y comunes globales

Ciudades Antárticas ha sido un proyecto internacional de investigación multisectorial que, durante los años 2017 a 2020, ha estudiado el desafío de "reimaginar" las conexiones de cinco ciudades puerta de entrada a la Antártica, con el Continente Blanco y entre sí. Teniendo como premisa que el concepto "puerta de entrada" debía ampliarse para abordar otras formas de conectividad, incluidas las que sienten los habitantes de estas ciudades, el 2019, jóvenes de Punta Arenas (Chile), Ushuaia (Argentina), Ciudad del Cabo (Sudáfrica), Hobart (Australia) y Christchurch (Nueva Zelanda) se reunieron en la isla Rey Jorge para fundar la Coalición de Jóvenes Antárticos.

Tecnologías antárticas

La investigación científica en la Antártica abarca una enorme gama de disciplinas y proyectos, gran parte de los cuales tienen importantes aplicaciones en áreas como la medicina, la agricultura, las telecomunicaciones, etc.



Instalaciones científicas en el glaciar Unión.

FOTO: F. TRUEBA / EFE



Biotecnología

En diciembre de 2007, Innova-Chile de Corfo aprobó el financiamiento del proyecto «Antártica: fuente de recursos biológicos para la biotecnología nacional». Este proyecto creó una plataforma que facilita el acceso a los recursos antárticos de microorganismos y plantas, de una forma que permitió su valorización para la biotecnología chilena y su desarrollo científico en el área.



Pasto superpoderoso

La *Deschampsia antarctica* ha sido intensamente estudiada por investigadores chilenos, lo que ha permitido conocer cada vez mejor los múltiples mecanismos fisiológicos que le permiten sobrevivir en condiciones extremas.

Enzimas: ofrecen la posibilidad de desarrollar aplicaciones biotecnológicas, como la mejora de cultivos a través de mejoramiento genético vegetal, la obtención de productos industriales como alimentos funcionales, la producción de biocombustibles y productos farmacéuticos. Además, estos compuestos promueven la resorción de calcio y magnesio en animales, lo que es una potencial aplicación en el área de la salud.

Proteínas anticongelantes: presentes naturalmente en el pasto antártico, podrían ser aplicadas en la conservación de órganos para trasplantes, al mantenerlos a una temperatura más baja, sin que se produzcan daños en ellos, o en la industria alimenticia, con el fin de evitar el congelamiento de algunos alimentos.

Filtros solares: algunos compuestos presentes en esta planta tienen la capacidad de absorber los rayos UV-B y actuar como filtros solares, por lo que podrían ser usados en productos para la piel. También se ha descrito que previenen enfermedades como la arteriosclerosis, debido a su capacidad de evitar la oxidación de lípidos de baja densidad, además de otras enfermedades cardiovasculares. Por otro lado, se ha documentado que estos compuestos pueden actuar también como agentes antiinflamatorios, antivirales, antitumorales y neuroprotectores, pues mejoran la respuesta a enfermedades neurodegenerativas tales como las enfermedades de Alzheimer y de Parkinson.

Células madre

El uso de las células madre (células con la capacidad de renovarse y transformarse en otras células del cuerpo) en el campo de la medicina es un área con gran crecimiento en los últimos años, por lo que cada nuevo avance genera interés en la comunidad científica.

Más todavía cuando quienes plantean nuevas investigaciones sobre la materia son tan jóvenes, como es el caso de un grupo de estudiantes escolares de La Serena, que a través de la Feria Antártica Escolar que el INACH realiza cada año presentaron un proyecto para obtener células madre de las esponjas marinas presentes en la Antártica.



Proteínas y enzimas

Anticongelante: el uso de proteínas anticongelantes provenientes de la Antártica (encontradas en hongos, plantas, algas e incluso bacterias) permitirá generar nuevos alimentos que se conservan mejor congelados, pues mantienen sus propiedades cuando se almacenan a temperaturas menores a 0 °C.

Corrosión: científicos asociados a INACH han logrado identificar y caracterizar diversos microorganismos altamente corrosivos en aeronaves que se encuentran en la Antártica, gracias a los cuales estudiarán cómo ciertas modificaciones de superficies pueden bloquear la acción microbiana, lo que disminuiría el deterioro de las superficies metálicas por la corrosión y biocorrosión.

Hace más de 10 años, a partir del estómago del kril, se caracterizaron las primeras enzimas que degradan proteínas a bajas temperaturas.

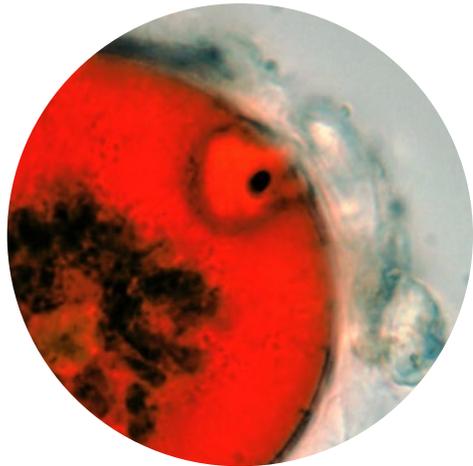


Nanotecnología

La nanotecnología es una ciencia multidisciplinaria, basada en el estudio de las nanopartículas, unos materiales con características intermedias entre átomos y partículas. La relevancia de las nanopartículas radica principalmente en que, a nanoescala, las propiedades de los objetos difieren significativamente de las propiedades de la materia a mayor escala.

Un grupo de investigación de PROCIENT ha desarrollado recientemente un protocolo simple y seguro para sintetizar nanopartículas fluorescentes usando bacterias en el continente antártico, pues han descubierto que las defensas antioxidantes y las bajas temperaturas son condiciones que mejoran la producción bacteriana.

Un tipo de levadura que vive en la Antártica (llamada *Xanthophyllomyces dendrorhous*) produce astaxantina como carotenoide principal, la que tiene variadas aplicaciones biotecnológicas por sus propiedades antioxidantes y de pigmentación.



Celdas solares verdes a partir de bacterias antárticas

A partir de pigmentos obtenidos desde bacterias antárticas ha sido posible generar las primeras celdas solares sensibilizadas por colorante, usando estos como un componente de la celda eléctrica. Dos pigmentos producidos por las bacterias del género *Chryseobacterium* y *Hymenobacter* han sido probados.

Levaduras antárticas como fuente para la industria del vino

La levadura *Candida sake* H14Cs aislada desde la isla Rey Jorge podría ser utilizada para mejorar las fermentaciones a baja temperatura, teniendo el potencial, además, de producir menos etanol, entregando atributos particulares al vino.

Líquenes antárticos con potencial para combatir el cáncer y la enfermedad de Alzheimer

La Depsidona producida por *Hypogymnia lugubris* inhibe la proliferación de células de melanoma humano. Por otra parte, la Parietina, producida por *Ramalina terebrata*, inhibe la agregación de la proteína Tau implicada en la enfermedad de Alzheimer.



¿Cómo medir el cambio climático en la Antártica?

El Gobierno de Chile ha puesto en marcha el Observatorio de Cambio Climático, iniciativa que busca instalar una red de sensores descentralizada de 8.000 kilómetros que permitirá recopilar información para la formulación de acciones de mitigación y adaptación necesarias para el futuro. Este proyecto, anunciado durante el 56° Consejo de Política Antártica, implica un trabajo colaborativo entre los ministerios de Relaciones Exteriores; Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación; Medio Ambiente; Defensa y Transportes y Telecomunicaciones.

El territorio chileno no solo se caracteriza por una alta frecuencia de eventos extremos, sino también por contar con un amplio y diverso rango de climas, ecosistemas y geografías -desde la alta montaña hasta los mares profundos, desde el desierto hasta la Antártica-, constituyendo el mayor gradiente latitudinal del mundo para estudios de cambio climático.

Monitorear el clima permite entender, predecir y proyectar los efectos, riesgos y amenazas de sus cambios. Para lograrlo, es clave capturar datos mediante instrumentos de observación para su posterior análisis y utilización en la toma de decisiones y en la formulación de acciones de mitigación y adaptación necesarias para el futuro social y económico de las naciones y sus habitantes, especialmente en un país altamente vulnerable al clima como Chile.



Investigadores instalando sensores.

Red de sensores desde la península Antártica hasta Glaciar Unión

A través de un proyecto liderado por el INACH se instalará una red de sensores multiparamétricos que tendrá como eje las bases antárticas de nuestro país a lo largo de la Península, hasta el glaciar Unión (a solo 1.000 kilómetros del polo sur). Se busca instalar 21 sensores entre los años 2021 y 2023.

El impulso para implementar esta red de sensores se basa en la importancia de la Antártica en el estudio del cambio climático en el planeta.

Los sensores serán capaces de medir:

1. Velocidad y dirección del viento
2. Radiación solar
3. Temperatura del aire, agua y suelo
4. Humedad relativa
5. Precipitación
6. Profundidad de la nieve
7. Presión barométrica
8. Humedad del suelo
9. Nivel y temperatura del mar

Ubicación de los sensores en la Primera Etapa 2021



A satellite-style map of the Antarctic Peninsula and surrounding waters. The map shows the coastline and ice formations. Four sensor locations are marked with yellow dots and labeled in yellow text. The labels are: 'Estación 1 Escudero' at the northern tip, 'Estación 2 Yelcho' on the western coast, 'Estación 3 Carvajal' further south on the western coast, and 'Estación 0 Glaciar Unión' on the eastern coast near a large glacier. The background shows the blue of the ocean and the white and grey of the ice and land.

Estación 1 Escudero

Estación 2 Yelcho

Estación 3 Carvajal

Estación 0 Glaciar Unión

En 2014, el Comité Científico para la Investigación Antártica convocó a 75 científicas y científicos y responsables políticos de 22 países para ponerse de acuerdo sobre las prioridades de investigación para el mediano y largo plazo en el Continente Blanco. Esta ha sido la primera vez que la comunidad antártica internacional ha formulado una visión colectiva a través de discusiones, debates y votación. Chile no estuvo ajeno a este proceso, en el que participaron dos expertos nacionales, ambos del INACH.

80 preguntas para el futuro

Conscientes de los desafíos que la ciencia antártica deberá enfrentar en las próximas décadas, el Comité Científico de Investigación Antártica (conocido como SCAR por sus siglas en inglés) reunió a expertos y expertas de todo el mundo para esbozar las principales prioridades para la investigación en el Continente Blanco por los próximos 20 años y más.

Enfocados en los riesgos que representan el cambio climático y el impacto antrópico en el continente, además de las oportunidades que ofrece para el conocimiento y la innovación, 75 científicos, provenientes de 22 países —entre ellos dos representantes del INACH— formularon 80 preguntas a partir de seis grandes prioridades en la investigación del mañana, a través de votaciones, discusiones y debates.

Responder a estas preguntas requerirá de trabajo y colaboración a nivel mundial, con un adecuado financiamiento y con un capital humano avanzado en temas polares.

Por ello, dos años después se dio un nuevo paso adelante con el proyecto ARC (Antarctic Roadmap Challenges), realizado junto con el Consejo de Administradores de Programas Antárticos Nacionales (COMNAP), para definir los requisitos de logística, tecnología e infraestructura para avanzar en las prioridades ya establecidas.

Las noticias que llegan de todas partes sobre el impacto del cambio climático en nuestro planeta y, específicamente, en Chile son preocupantes y ejercen especial presión sobre la comprensión de este fenómeno en la Antártica.

Pocas veces en la historia fue tan necesaria la contribución de la ciencia para entender a dónde ir y qué hacer.





FOTO: F. TRUEBA / EFE

PARA SABER MÁS

- The Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR)



Algunas de las preguntas más importantes para Chile

Dentro de las 80 preguntas escogidas por la comunidad científica, algunas poseen especial interés para Chile, tanto por la importancia de sus consecuencias como por las particulares oportunidades que representan para el país en términos de desarrollo en investigación, debido a nuestra cercanía e interdependencia con el continente.

- **¿Cómo afectan los procesos antárticos el clima de las latitudes medias y los eventos extremos?**
- **¿Cuál es la base genómica de la adaptación en los organismos y las comunidades de la Antártica y del océano Austral?**
- **¿Cómo cambiarán las especies invasoras y cuáles serán las variaciones de rango de especies autóctonas en los ecosistemas antárticos y del océano Austral?**
- **¿Cómo afectará el cambio climático el riesgo de propagación de enfermedades infecciosas emergentes desde la Antártica?**
- **¿Cómo afectará el cambio climático a las pesquerías existentes y futuras del océano Austral, especialmente las poblaciones de kril?**

Educación polar

Ya desde el traslado de INACH a Punta Arenas, el Instituto ha cumplido su vocación de conectar al Continente Blanco con Chile y su gente, gracias a su trabajo de divulgación y educación en la región y el resto del país.

Feria Antártica Escolar

Una de las iniciativas educativas más emblemáticas del INACH ha sido la Feria Antártica Escolar (FAE), en la que estudiantes de enseñanza media, primero de Punta Arenas y luego de todo el país, se reúnen para presentar y compartir proyectos o propuestas de investigación polar en diversas líneas.

La Feria ha buscado justamente temáticas desconocidas o poco tratadas, como el pasado verde del continente, huyendo de los lugares comunes poblados de ballenas y pingüinos. Siempre ha tenido un jurado científico, al que se ha sumado un jurado ciudadano, que valora las capacidades expositivas de los participantes.

El premio de la FAE es la participación en la Expedición Antártica Escolar (EAE), que se lleva a cabo en la base Profesor Julio Escudero, ubicada en la isla Rey Jorge, con un completo programa de actividades científicas en terreno. En su desarrollo se ha contado con diversas colaboraciones y asociados, como la Fuerza Aérea de Chile y el Programa Explora Magallanes.



Revistas antárticas

El INACH cuenta hoy con dos revistas periódicas: el *Boletín Antártico Chileno (BACH)* e *ILAIA, Advances in Chilean Antarctic Science*.

El *Boletín Antártico Chileno* es una de las revistas más antiguas del Ministerio de Relaciones Exteriores. Tiene por objetivo divulgar la actividad antártica del país, sobre todo la relacionada con el desarrollo de la ciencia polar nacional. El público principal de la revista es la comunidad antártica y el sistema escolar, además de autoridades del sector público y tomadores de decisiones. También ha sido espacio para el arte y la cultura. Muchas de sus portadas han sido encargadas a artistas nacionales para enriquecer el patrimonio visual de la Antártica.



Por su parte, *ILAIA* es una publicación en inglés orientada a la comunidad antártica internacional. Nació al alero del *BACH* como una selección de los contenidos más adecuados para el público internacional. Con el tiempo, se han diferenciado cada vez más, aunque siguen compartiendo materiales, pero ya incluso se han preparado contenidos específicos para *ILAIA*.

Ambas revistas, especialmente el *BACH*, se han convertido en un valioso registro histórico de la actividad antártica chilena por más de 40 años.

Los misterios bajo el manto blanco

Gracias a la proliferación de fotografías científicas e imágenes satelitales, hoy es posible observar muchas zonas de Antártica que habían permanecido escondidas o cuya verdadera magnitud había sido imposible apreciar desde nuestra perspectiva humana.

Sin embargo, entre estas fotografías e imágenes aéreas han aparecido figuras extrañas, las que según algunos serían evidencia de la presencia de estructuras que «oficialmente» no deberían estar allí: bases militares secretas escondidas en la nieve, sitios de aterrizaje de naves extra-terrestres o incluso naves espaciales cubiertas por la nieve, y montañas tan escarpadas que se asemejan a las famosas pirámides de Egipto, posibles restos de una antigua civilización existente en el continente hace millones de años, cuando era todavía una tierra cálida y verde.

La verdad es que los seres humanos, no acostumbrados a ver el mundo «a vista de pájaro» o desde las alturas, no somos buenos para descifrar correctamente las fotografías que nos llegan desde los satélites que sobrevuelan la Antártica, los cuales entregan valiosa información científica sobre las condiciones ambientales y geográficas del continente.

Esto, sumado a la extrañeza que nos producen las formas y sombras creadas en la blanca superficie antártica y la capacidad humana para imaginar y encontrar figuras similares donde no las hay, ha llevado a estas confusiones que no se sostienen por la evidencia científica ni las observaciones en terreno de esos mismos lugares, los cuales suelen verse de manera muy diferente y más naturales desde el nivel del suelo.

~~PIRÁMIDES ANCESTRALES~~

La forma de las montañas antárticas se relaciona sobre todo con los fuertes vientos catabáticos que recorren el continente y que durante millones de años les han dado una forma escarpada característica.



OVNI ESTRELLADO

Junto con las montañas, las rocas interactúan con el viento y la nieve formando extrañas figuras, que podrían semejar líneas creadas por el ser humano o, como en este caso, naves aterrizando en el continente. ¿Pero acaso un accidente así no dejaría más evidencia?

Incluso desde antes de su descubrimiento, la *terra incognita* al sur del mundo ha servido como un lienzo para hacer volar la imaginación y como una base desde la cual parten cientos de mitos y teorías conspirativas. Antigua, lejana e inaccesible, la Antártica aparece al mundo como cubierta por un blanco manto, que podría esconder todo tipo de maravillas del mundo antiguo y el moderno.



FORM FOR: DR. [REDACTED]
DR. [REDACTED]
MR. [REDACTED]
COL. [REDACTED] December 12, [REDACTED]
Future Missions
by the sub-committee meeting of December [REDACTED]
have been forwarded herewith for the [REDACTED]
[REDACTED] Col. Casanovi, and Dr. [REDACTED]
First stage preparation [REDACTED]
Mission [REDACTED] sub-
be held within limits of the [REDACTED]
Mission [REDACTED] of the [REDACTED]
or [REDACTED] focus, including
schedule outlined [REDACTED]

ENTRADA A CAVERNA

En ocasiones, las alzas de temperatura, la actividad geológica o los movimientos de la superficie son capaces de producir quiebres y presiones que derriten la nieve y forman grandes cavernas de hielo en la superficie. A su vez, estas frágiles estructuras pueden colapsar y desaparecer tan rápido como aparecieron.



PLATAFORMA DE ATERRIZAJE

Debido al calor que derrite la superficie, grandes bloques de hielos antárticos se desprenden y se deslizan constantemente, adquiriendo en el proceso todo tipo de formas exóticas, que a veces nos pueden resultar familiares y sorprendentes.



Un ojo que congela el tiempo

Como un lienzo que invita a explorar, la Antártica ha pasado por el ojo curioso y narrativo de cineastas ya casi desde los principios de la historia del cine. Ellos han encendido sus cámaras en busca de aventura, drama, naturaleza y nuevos horizontes del espíritu humano.



Sur (1916)

Una de las primeras incursiones del cine en el Continente Blanco fue la del australiano Frank Hurley, que acompañó con su cámara la expedición de sir Ernest Shackleton. Gracias a su empeño por preservar el material grabado y sus fotografías, las imágenes de Hurley pudieron ser exhibidas por primera vez en el actual Teatro Municipal José Bohr, de Punta Arenas.



El gran silencio blanco (1924)

Otro momento trascendental de la historia antártica, la carrera entre Roald Admunsen y sir Robert Falcon Scott, fue registrado por el fotógrafo británico Herbert Ponting, que siguió a esta última expedición últimamente terminada en desastre.



Con Byrd en el Polo Sur (1929)

Primer documental en ganar un premio Oscar (en este caso, a Mejor Fotografía), "With Byrd at the South Pole" narra la expedición del almirante Richard Byrd y su primer sobrevuelo sobre el polo sur.



La Antártica chilena (1947)

El primer registro fílmico chileno en el territorio antártico son las grabaciones de Hans Helfritz y Roberto Correa, en el marco de la primera expedición oficial chilena. Estas grabaciones, que muestran la construcción de la base Soberanía (hoy Arturo Prat), fueron montadas por el cineasta Armando Sepúlveda bajo el nombre de "La Antártica chilena" (1947), y fueron estrenadas en cines de Santiago.



Viaje al borde del mundo (1972)

Un hito importante del género, este documental registra la primera expedición del explorador francés Jacques Cousteau a bordo de su célebre barco *Calypso*. Este atormentado viaje incluyó la muerte de su primer oficial y una avería que obligó a Cousteau a dirigirse sin un motor hasta Punta Arenas, escoltado por la embarcación *Yelcho* de la Armada de Chile. El resultado, sin embargo, transmitido por televisión, popularizó en todo el mundo la temática antártica y ayudó a crear conciencia sobre la necesidad de proteger sus ecosistemas.



La marcha de los pingüinos (2005)

Otro importante hito audiovisual antártico fue esta producción francesa, dirigida por Luc Jacquet, y que recibió el premio Oscar en la categoría de Mejor Documental. La película muestra la peregrinación anual de cientos de pingüinos emperador, que se desplazan unos 100 km desde la costa hasta el interior del continente para llegar a un sitio de apareamiento y poner sus huevos.



Encuentros en el fin del mundo (2008)

Un aspecto de particular interés para los cineastas es, por supuesto, el factor humano y cómo es afectado por las especiales y difíciles condiciones antárticas. Un ejemplo es este documental del legendario cineasta alemán Werner Herzog, quien gracias a una invitación de la National Science Foundation de Estados Unidos retrató la vida en la base McMurdo y a los singulares personajes con los que se cruzó.

Antartikanos

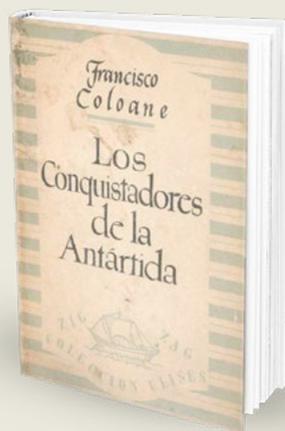
A través del cofinanciamiento de Corfo, el año 2017 el INACH desarrolló el proyecto que consistió en un taller de diseño de artesanías con identidad antártica, donde más de 50 artesanos y artesanas de Magallanes descubrieron en el Continente Blanco una nueva y promisoría fuente de inspiración. Tras ocho sesiones presenciales, además del acompañamiento de profesionales expertos en arte y diseño, cada participante creó nuevos objetos a partir de diferentes técnicas y materiales. Las piezas resultantes fueron exhibidas y por votación popular se seleccionó a un artesano que viajó hasta la isla Rey Jorge con profesionales del INACH.

El año 2018 se elaboró un set de materiales y actividades tendientes al fomento de la creatividad y la innovación para profesores y estudiantes, llamado "Kit Educativo Antartikano. Instrumentos de innovación en educación con identidad antártica", y entregado a representantes de establecimientos educacionales de Punta Arenas, Puerto Natales y Porvenir. En Puerto Natales se contó con el apoyo de la Corporación Municipal de Puerto Natales y la capacitación se realizó en el Liceo Luis Cruz Martínez. En Tierra del Fuego, en tanto, el acto tuvo lugar en el salón del Museo Municipal, con el apoyo de la I. Municipalidad de Porvenir.



La Antártica ha sido durante su historia fuente de inspiración para artistas y pensadores, intrigados tanto por lo que de ella conocemos como aquello que aún falta por descubrir.

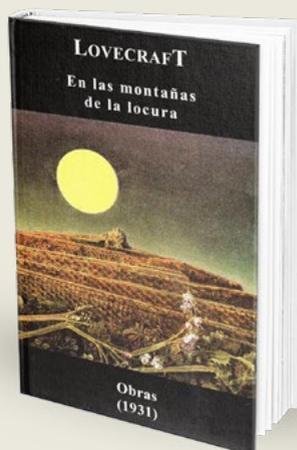
Libros



Los Conquistadores de la Antártida

Francisco Coloane

El escritor chileno describe en esta novela la aventura de una misión de salvamento al fin del mundo, en la que el frío escenario antártico es el verdadero protagonista.



En las montañas de la locura

H.P. Lovecraft

El maestro del terror cósmico narra la historia de una desastrosa expedición antártica a principios del siglo XX, en la que un grupo de científicos sucumbe a la desesperación y al miedo por los terribles descubrimientos que allí realizan.

Música



Chattermarks Field Recordings From Palmer Station, Antarctica:

<https://Store.cdbaby.com/Cd/Cherylleonard>

Un interesante registro sonoro de las aguas, hielos y animales antárticos, registrados desde una de las bases del continente.



Lluvia Ácida

<http://www.lluviaacida.cl/discos/>

El grupo de música electrónica Lluvia Ácida ha creado varias obras inspiradas en el Continente Blanco: «Antartikos» (2005), «Insula in albis» (2013) y «Ciencia Sur» (2017).

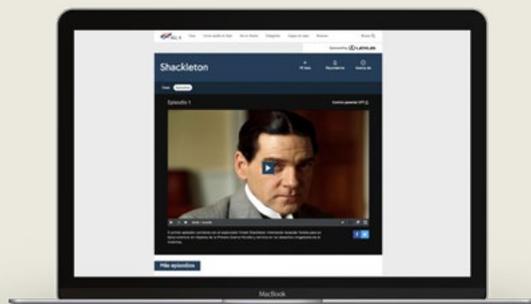
Películas y videos



La Cosa (The Thing)

John Carpenter

Una de las más famosas películas del maestro del terror John Carpenter cuenta la historia de un grupo de personas atrapadas en una base antártica que se enfrentan a una misteriosa y antigua criatura.



Shackleton

Serie de ficción protagonizada por el actor británico Kenneth Branagh, en que se relata la aventura del *Endurance* en tierras antárticas y la desesperada misión de rescate de Ernest Shackleton.



Charlas sobre la Antártica

Ted x Punta Arenas
<https://www.tedxpuntaarenas.com/>

Colección de charlas realizadas en Punta Arenas por científicos, exploradores y artistas, quienes cuentan sus experiencias con el continente y algunos de los descubrimientos que allí han realizado.

¿Por qué se dice que Punta Arenas es una ciudad antártica?

Punta Arenas forma parte de un selecto grupo de solo cinco ciudades consideradas como «ciudades antárticas» o «ciudades puerta» en el mundo, junto con Hobart (Australia), Christchurch (Nueva Zelandia), Ciudad del Cabo (Sudáfrica) y Ushuaia (Argentina).

Estas ciudades poseen conexiones históricas, logísticas, geopolíticas y económicas con diferentes regiones del Continente Blanco. En ellas se vive el legado de acontecimientos históricos, narrativas de la exploración, ficciones literarias y los rastros de la cultura antártica, tanto en la producción de imaginarios geopolíticos y culturales como en la promoción del turismo.

De estas ciudades, Punta Arenas cuenta con una posición privilegiada, gracias a su cercanía con la península Antártica, y por ser la sede del programa antártico a nivel nacional, lo que otorga mayor y mejor acceso a investigadores y visitantes de Chile y el resto del mundo. Por ello, en la actualidad expediciones de más de 20 países pasan por Punta Arenas en su viaje al continente, más que ningún otro lugar en el mundo.

Gracias a ello, en Punta Arenas y Magallanes se ha formado una cultura que promueve la identidad antártica nacional, además de su recuperación histórica y su desarrollo científico. Para los magallánicos, la Antártica es una extensión de la región y del país.

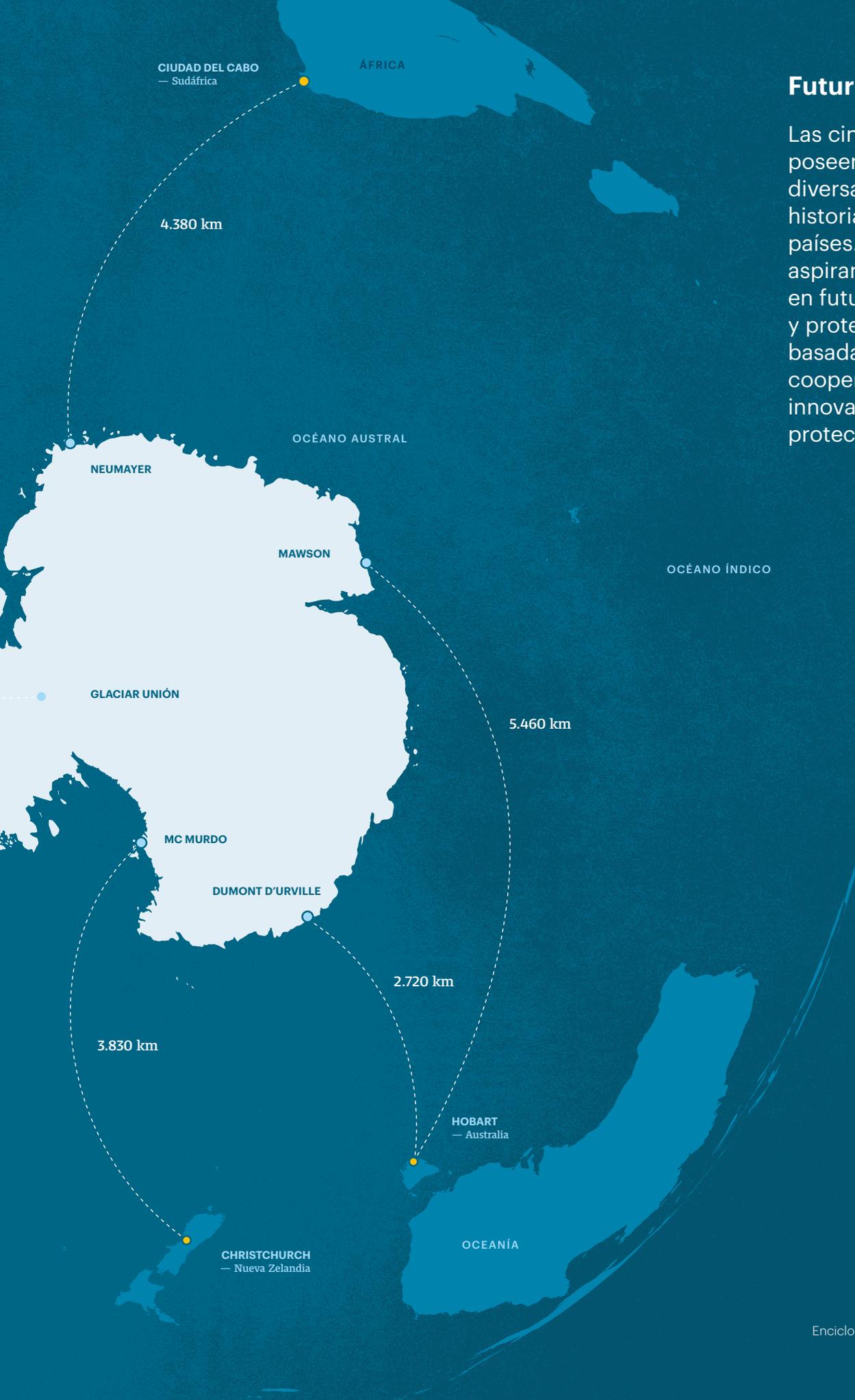


1.000 km

separan a la superficie continental austral de la ciudad de Punta Arenas

OCÉANO AUSTRAL

OCÉANO PACÍFICO



Futuros custodios

Las cinco ciudades antárticas poseen identidades y culturas diversas, marcadas por su historia y sus respectivos países. Sin embargo, todas aspiran también a convertirse en futuras ciudades custodias y protectoras de la Antártica, basadas en los principios de cooperación internacional, innovación científica y protección medioambiental.

«Punta Arenas es la puerta de entrada a la Antártica mejor desarrollada de Sudamérica, la que ofrece las mejores capacidades de acceso a la península Antártica y la que puede ofrecer contacto durante todo el año, lo que significa que la Antártica no está aislada durante los meses del invierno. Chile ha desarrollado políticas importantes para poder tener esta hegemonía respecto de la conexión con la península Antártica».

Gabriela Roldán, investigadora de Gateway Antarctica, Universidad de Canterbury, Nueva Zelanda.







ESTADOS UNIDOS

PORTUGAL

ESPAÑA

REINO UNIDO

PAÍSES BAJOS

ALEMANIA

POLONIA

REP. CHECA

BULGARIA

UCRANIA

TURQUÍA

RUSIA

VENEZUELA

COLOMBIA

ECUADOR

PERÚ

BRASIL

URUGUAY

PUNTA ARENAS



* Acuerdo de 1998



17 de los 29 países consultivos del Tratado Antártico viajan cada año a Punta Arenas con el fin de usar sus puertos y aeropuertos rumbo a la península Antártica, donde opera la mayor cantidad de bases de este continente. Además, en los últimos años, científicos de países no consultivos como Colombia, Malasia, Portugal, Turquía y Venezuela, han comenzado a organizar sus actividades polares desde la capital de Magallanes, lo que potencia a Chile como país puente.

CENTRO ANTÁRTICO INTERNACIONAL

Consolidando el polo de desarrollo antártico en Chile

El CAI está pensado para ser un espacio dedicado a la ciencia y la cooperación internacional, el símbolo de una política antártica que mira al futuro, preparada para los desafíos y oportunidades de investigación y turismo en la zona.





En abril del año 2017, el Estado de Chile abrió a concurso público el diseño del Centro Antártico Internacional, un espacio dedicado a la cooperación regional, nacional e internacional para el desarrollo de la ciencia y la cultura.

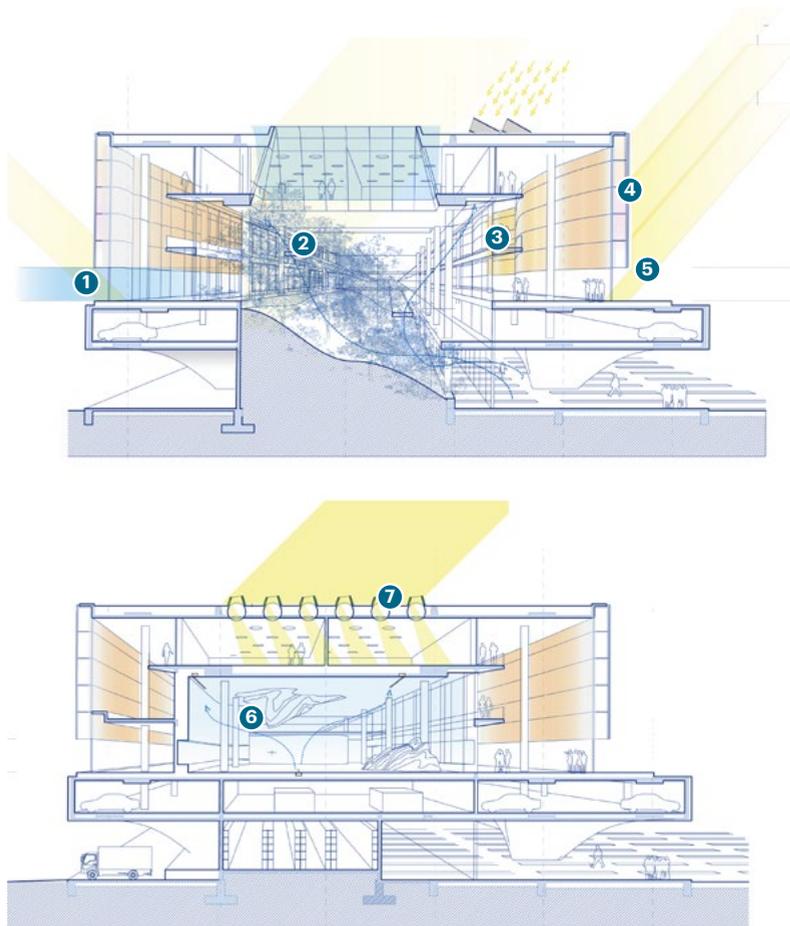
Con el fin de potenciar a la ciudad de Punta Arenas como el centro logístico más relevante en la zona occidental de la Antártica, el CAI incluirá todo lo necesario para transformarse en un polo de referencia mundial en conocimiento, difusión de los temas antárticos y turismo de fines especiales, por medio de las tres principales áreas que lo conforman: Investigación Antártica Avanzada, Antártica Interactiva y la Plataforma Logística Antártica.

Luego de un arduo proceso de selección, el jurado del concurso seleccionó entre 54 trabajos presentados en la competencia. El ganador fue el proyecto de los arquitectos Alberto Moletto, Cristóbal Tirado, Sebastián Hernández y Danilo Lagos, el cual destaca por su imagen blanca y ondulada, que evoca la imagen de un iceberg a la deriva.

Este nuevo centro considera laboratorios y logística para atender a 500 científicos al año. Además, tendría un área destinada a visitantes, con espacios interactivos, salas climatizadas que revivirán las condiciones del polo sur, grandes acuarios, un parque de dinosaurios, una reproducción del bosque antártico existente hace millones de años y un auditorio.

CENTRO ANTÁRTICO INTERNACIONAL

En septiembre de 2021, el Consejo Regional de Magallanes aprobó el financiamiento para la construcción del CAI. Esto evidencia la voluntad de Magallanes de asumir su identidad antártica, demostrando una visión de largo plazo y un compromiso con la protección del territorio a través del crecimiento de la ciencia antártica y la educación.



1 Un friso de vidrio permite un horizonte de vista en todas las fachadas del edificio.

2 A través del bosque interior ingresa aire exterior, el cual será pretratado gracias a las ganancias solares del bosque.

3 Paneles fotovoltaicos a lo largo del edificio para el apoyo del sistema de iluminación.

4 El material translúcido permite contar con una luz tenue y homogénea en el interior.

5 Fachada de panel translúcido de baja transmitancia térmica de alta eficiencia que funciona como un invernadero a lo largo de toda la fachada, controlando las pérdidas y ganancias excesivas de calor.

6 Control de la ventilación interior, permite recuperar calor gracias a un sistema con intercambiador, aprovechando el calor o frío en el interior del edificio.

7 Elementos de ingreso de iluminación a través de la cubierta permiten reducir el uso de luz artificial.

La experiencia de otras ciudades polares muestra que iniciativas como esta pueden potenciar el crecimiento, el turismo de intereses especiales, la sustentabilidad urbana y la creación de espacios académicos y científicos de alta complejidad.

Infraestructura de primer nivel

Uno de los aportes del CAI es contar con una moderna infraestructura que facilite el desarrollo de ciencia antártica de calidad y que, a su vez, sea un soporte logístico para la realización de una mayor cantidad de expediciones al Continente Blanco.



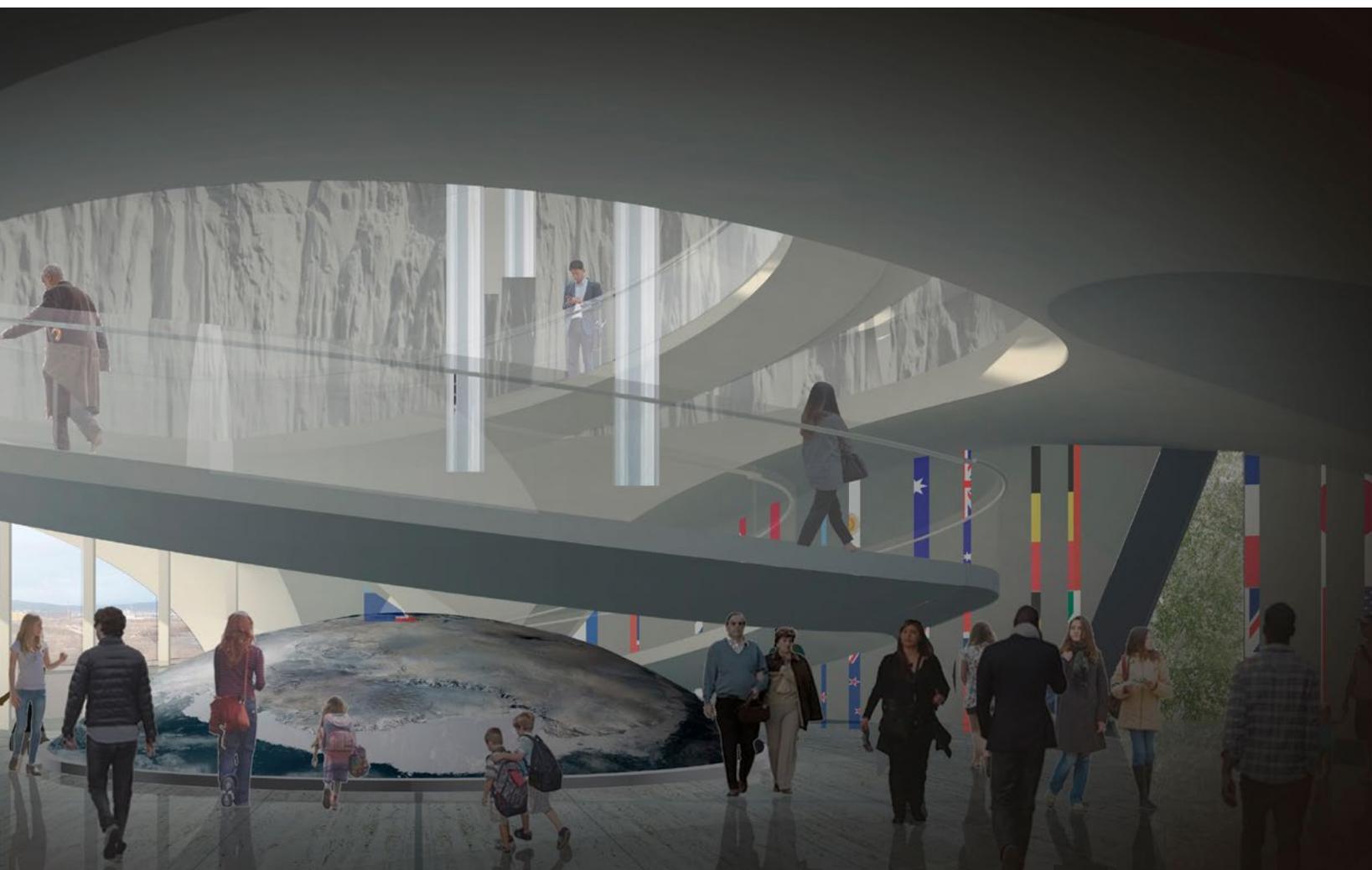
El proyecto considera laboratorios en las áreas de hielo, atmósfera y océano; ecología y evolución; y geología, paleontología y clima, con sus respectivas áreas de almacenamiento, colecciones y un laboratorio multipropósito con sala de refrigeración. Con esto se estima atender a medio millar de investigadores e investigadoras que integran el Programa Nacional de Ciencia Antártica, así como a científicos y científicas de otros programas internacionales.

La cercanía de este edificio con el muelle Mardones permitirá potenciar las actividades logísticas que se pueden entregar a los Programas Antárticos Nacionales de los países que desarrollan actividades en la Antártica desde Chile. Habrá espacios para el apoyo de las expediciones, como áreas de almace-

namiento y manejo, zona de maniobras en el muelle, helipuerto, carga y descarga de camiones y bodegas.

Existirá, además, un área destinada exclusivamente a las y los visitantes, con diversos espacios interactivos y salas climatizadas que simulan la experiencia de vivir en un ambiente polar. Además, estarán presentes los acuarios con especies antárticas y subantárticas, junto a un parque de dinosaurios, un planetario y una inigualable reproducción viva del bosque antártico que existió hace millones de años. Pensando en la comodidad de los visitantes, el centro contará con dos cafeterías, tienda de souvenir, un auditorio con capacidad para 600 personas y estacionamientos para vehículos y bicicletas.

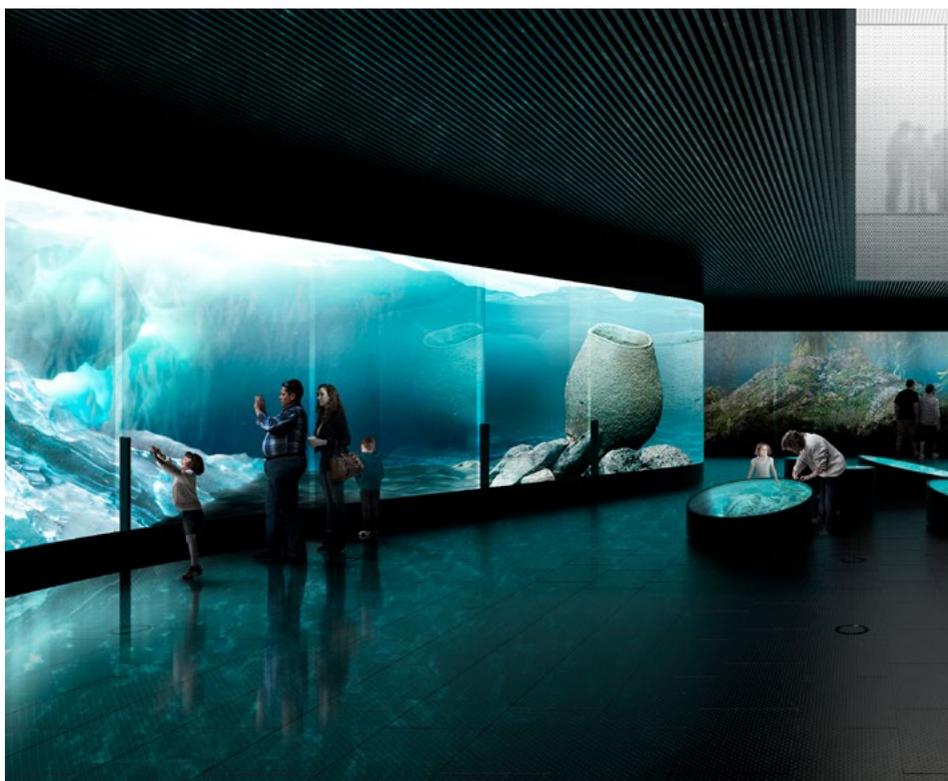
El INACH ha venido trabajando arduamente con la iniciativa programática de este CAI desde 2016, visibilizando la importancia de contar con este espacio, a través de diversas iniciativas que han ayudado a que la comunidad pueda sentir y vivir la Antártica desde la emocionalidad y lo cognitivo. Intensa labor que se efectúa para que este futuro centro se convierta para Punta Arenas, la región, el país y el mundo en una experiencia significativa y transformadora, poniendo en valor lo que la ciencia de primer nivel está haciendo en el sexto continente y sus teleconexiones con el resto del planeta.

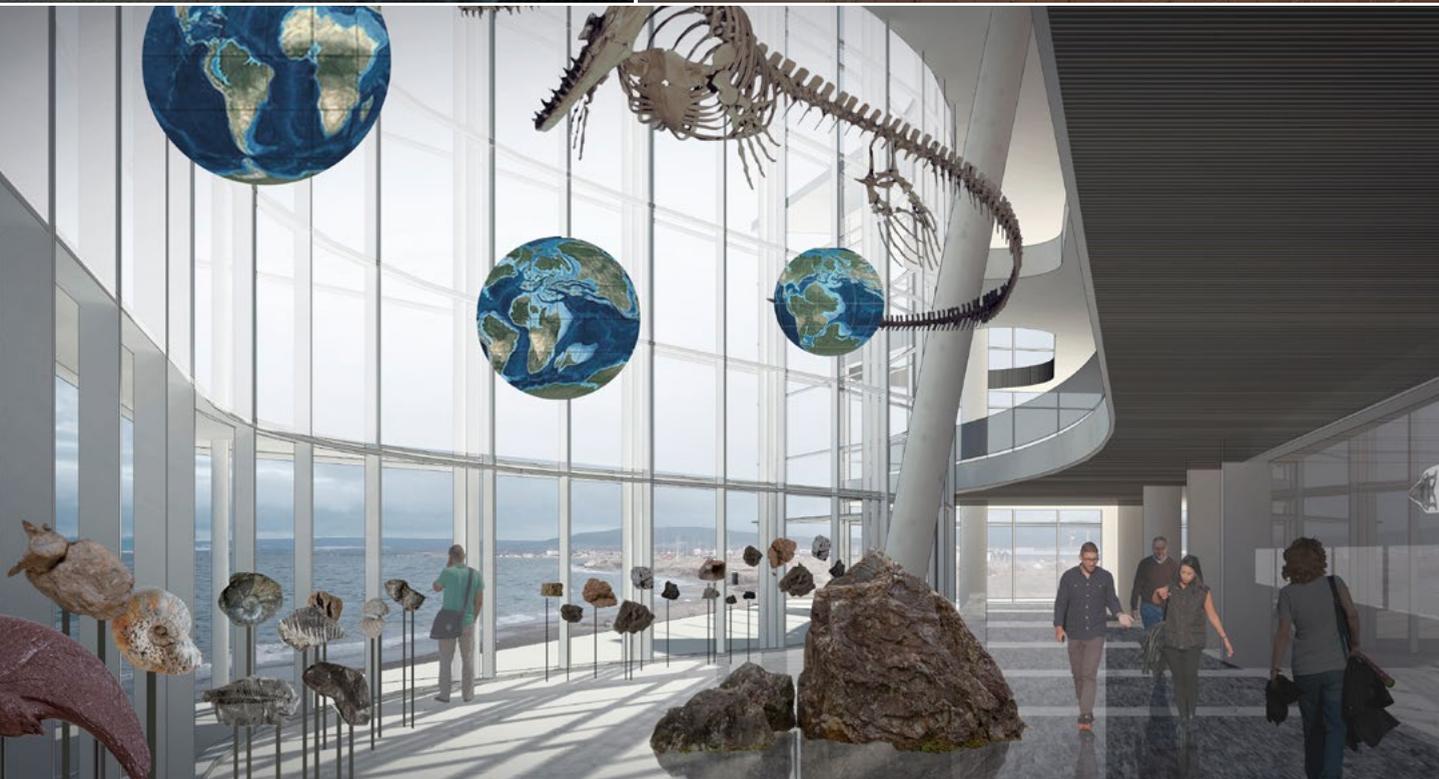
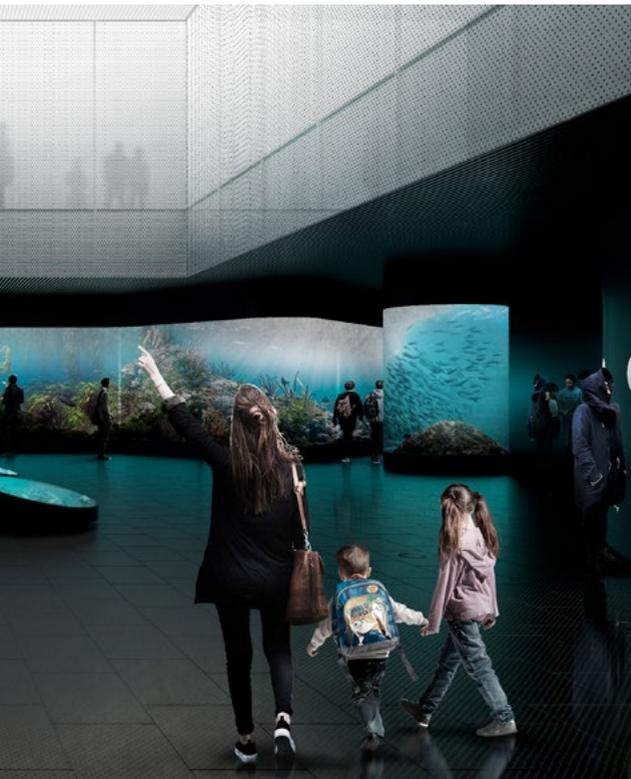


Acuarios y bosque antárticos

En 2017 comenzó a implementarse un sistema de acuarios para el futuro CAI que permitiera llevar a cabo un proceso de divulgación de especies antárticas y subantárticas vivas en Punta Arenas. Estos acuarios comenzaron a funcionar en marzo de ese mismo año, al interior del edificio de laboratorios del INACH.

Se espera también que el Bosque Antártico del CAI tenga una superficie de mil metros cuadrados, donde se estima que vivirán más de mil plantas de 34 especies diferentes que alguna vez poblaron la Antártica. Su objetivo principal radica en mostrar la desconocida historia natural de la conexión Sudamérica-Antártica, un otrora territorio "verde" con frondosos y tupidos bosques y por el que habitaron dinosaurios, pequeños mamíferos, aves, insectos y otros animales primitivos del Cretácico.





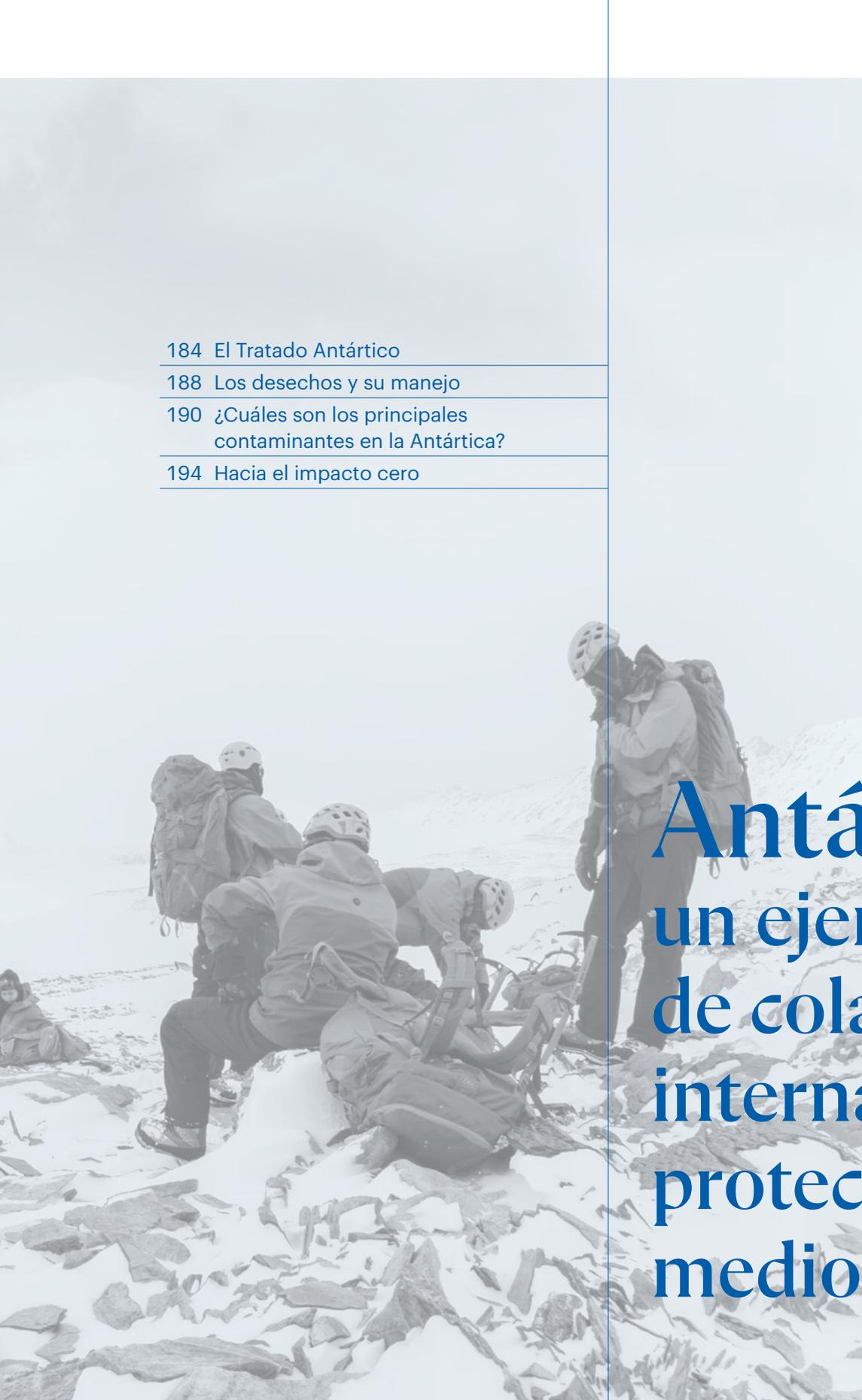


184 El Tratado Antártico

188 Los desechos y su manejo

190 ¿Cuáles son los principales
contaminantes en la Antártica?

194 Hacia el impacto cero



Antártica: un ejemplo de colaboración internacional y protección del medioambiente

El Tratado Antártico

El Sistema del Tratado Antártico está formado por una serie de acuerdos tomados a partir del año 1959, que regulan las relaciones internacionales respecto de toda actividad en Antártica.

Firmado el 1 de diciembre de 1959 en Washington D.C., y en vigencia desde el 23 de junio de 1961, el Tratado Antártico declara que el continente solo debe ser usado para fines pacíficos, un logro impresionante si consideramos que fue el primero de su tipo firmado durante la Guerra Fría. Además, promueve la libertad de investigación científica entre países; prohíbe el uso de explosiones nucleares o desechos radiactivos en el continente e instala formas de cooperación entre países para la ciencia, la tecnología y el diálogo.

El Sistema del Tratado Antártico (STA) incluye más de 200 acuerdos tomados desde su creación sobre todo tipo de temáticas. Los más importantes son la Convención para la Conservación de las Focas Antárticas (CCFA), firmada en Londres el 1 de junio de 1972; la Convención para la Conservación de Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA), firmada en Canberra el 20 de mayo de 1980, y el Protocolo al Tratado Antártico sobre Protección del Medio Ambiente (Protocolo de Madrid o Protocolo Ambiental del Tratado Antártico), firmado en Madrid el 4 de octubre de 1991 y que solo puede ser firmado por miembros del Tratado Antártico.

Inicialmente compuesto de 12 países, el STA cuenta hoy con 53 Estados parte, de los cuales 29 tienen estatus consultivo, es decir, tienen derecho a voz y voto. Las preocupaciones que los países del Sistema del Tratado Antártico enfrentan hoy son diversas en naturaleza, pero incluyen asegurar la protección del medioambiente antártico en un escenario de cambio climático; adelantarse a eventuales daños a este medioambiente producto de una industria del turismo que continúa en expansión; promover la colaboración inter-

nacional, incluyendo el ámbito de la ciencia; minimizar en lo posible la huella humana en el Continente Blanco, asegurar la protección de sitios históricos y promover un mejor conocimiento de la Antártica y sus beneficios para la humanidad.

Protocolo de Madrid

El Protocolo de Madrid, en su Artículo 3, «establece que la protección del medioambiente antártico y los ecosistemas dependientes y asociados, así como del valor intrínseco de la Antártica, incluyendo sus valores de vida silvestre y estéticos y su valor como área para la realización de investigaciones científicas, en especial las esenciales para la comprensión del medioambiente global, deberán ser consideraciones fundamentales para la planificación y realización de todas las actividades que se desarrollen en el área del Tratado Antártico».

Partes consultivas

Estados con presencia permanente en la Antártica para el desarrollo de actividades científicas.

Alemania
* Argentina
* Australia
* Bélgica
Brasil
Bulgaria
* Chile
China
Corea (RDC)
Ecuador
España
* Estados Unidos
* Federación de Rusia
Finlandia
* Francia
India
Italia
* Japón
* Noruega
* Nueva Zelandia
Países Bajos
Perú
Polonia
* Reino Unido
República Checa
* Sudáfrica
Suecia
Ucrania
Uruguay

Partes no consultivas

EUROPA
Austria
Bielorrusia
Dinamarca
Eslovenia
Estonia
Grecia
Hungría
Islandia
Kazajistán
Mónaco
Portugal
República de Eslovaquia
Rumania
Suiza
Turquía

AMÉRICA
Canadá
Colombia
Cuba
Guatemala
Venezuela

ASIA, ÁFRICA Y OCEANÍA
Corea (RDPC)
Malasia
Mongolia
Pakistán
Papúa Nueva Guinea

* Países firmantes en 1959



Firmado en 1959, el Sistema del Tratado Antártico entró en vigor en 1961. Hoy tiene 54 Estados parte.

Uxolo

Paz (xhosa)

Cy

Agua (kasajo)

Tuyêt

Nieve (vietnamita)

Qhipa pacha

Futuro (quechua)

امرس

Frío (persa)

Futur

Futuro (francés)

Saynis

Ciencia (somalí)

Hotz

Frío (euskera)

ةي بون جلا ةي بطقلا ةراقلا

Antártica (árabe)

Frigĭdus

Frío (latín)

Ès

Hielo (javanés)

Suðurskautslandið

Antártica (islandés)

集體協作

Colaboración (cantonés)

Ghiaccio

Hielo (italiano)

Tiri o te Moana

Antártica (maorí)

Paani

Agua (hindi fiyiano)

Pire

Nieve (mapudungún)

Valge

Blanco (estonio)

Chhullunkhaya

Hielo (aimara)

Colaboración

(español)

Wasser

Agua (alemán)

Snø

Nieve (noruego)

Spî

Blanco (kurdo)

Vrede

Paz (neerlandés)

Kar

Nieve (turco)

La Antártica es visitada por personas de diverso origen, quienes le dan un toque multicultural, especialmente en sus zonas más pobladas.

Los desechos y su manejo

Actualmente, las pautas de conducta derivadas del Protocolo de Protección Medioambiental o Protocolo de Madrid hacen que tanto las bases científicas como las expediciones turísticas tengan un comportamiento que trata de reducir el impacto al mínimo, avanzándose cada año hacia el establecimiento de nuevas pautas que lo puedan reducir aún más.

Sin embargo, existe otra amenaza para las costas de esta región que queda fuera de la protección del Protocolo de Madrid y es la llegada de basura, principalmente restos de plástico procedente del mar y que, probablemente empujada por los temporales y tormentas que circunvalan la Antártica, se va depositando en las costas más expuestas de esta región.

La invasión de restos de envases y materiales de plástico en todo el planeta se ha convertido en un problema global, ya no solo es importante su acumulación en las zonas más cercanas a su fabricación y uso, sino que aparecen en lugares remotos, como las zonas más alejadas e inaccesibles del océano y también sucede en las costas de la Antártica.

Protocolo de Protección del Medio Ambiente

El Anexo III del Protocolo al Tratado Antártico sobre Protección del Medio Ambiente entrega indicaciones sobre el manejo de todo tipo de desechos en el continente antártico. Según indica, se debe reducir, «en la medida de lo posible, la cantidad de residuos producidos o eliminados en el área del Tratado Antártico, con el fin de minimizar su repercusión en el medioambiente antártico y de minimizar las interferencias con los valores naturales de la Antártica, con la investigación científica o con los otros usos de la Antártica que sean compatibles con el Tratado Antártico».

En principio, todo desecho o estructura puesta por el hombre en el continente debe ser removida por quienes produjeron los residuos y por sus usuarios, a menos que el hacerlo implique un riesgo de contaminación aun mayor, o si la estructura es considerada un monumento histórico.

Mientras tanto, todos los residuos deben ser almacenados de manera tal que no puedan afectar al resto del ecosistema antártico ni dispersarse en el ambiente.



Tipos de eliminación de residuos en el continente

Retirados:

En la mayor medida posible, los residuos removidos del área del Tratado Antártico serán devueltos al país desde donde se organizaron las actividades que generaron los residuos o a cualquier otro país donde se hayan alcanzado entendimientos para la eliminación de dichos residuos de conformidad con los acuerdos internacionales pertinentes.

Incinerados:

Deben hacerse en incineradores que reduzcan las emanaciones peligrosas. Los residuos resultantes son posteriormente removidos del continente.

Enterrados:

Algunos residuos especiales, como las aguas residuales y los residuos líquidos domésticos, son enterrados en zonas en las que no se corra el peligro de contaminar el continente. Por ello, no pueden ser incluidos en el hielo marino, en plataformas de hielo o en la capa de hielo terrestre. Sí pueden ser depositados en pozos profundos de hielo, cuando sea la única opción posible.

Depositados en el mar:

Las aguas residuales y los residuos líquidos domésticos pueden ser descargados directamente en el mar, en zonas bien delimitadas, donde existan condiciones para que se esparzan sin dañar el medioambiente. Además, las grandes cantidades de residuos líquidos deben ser tratadas con diferentes técnicas para reducir al máximo el peligro ambiental.



Materiales que se deben retirar

- Materiales radiactivos.
- Baterías eléctricas.
- Combustibles, tanto líquidos como sólidos.
- El cloruro de polivinilo, la espuma de poliuretano, la espuma de poliestireno, el caucho y los aceites lubricantes, las maderas tratadas y otros productos que contengan aditivos que puedan producir emanaciones peligrosas si se incineran.
- Los bidones y tambores para combustible.
- Todos los demás residuos plásticos, excepto los recipientes de polietileno de baja densidad (como las bolsas para almacenamiento de residuos), siempre que dichos recipientes se incineren.
- Otros residuos sólidos, incombustibles.
- Residuos líquidos en general, las aguas residuales y los residuos líquidos domésticos.
- Residuos que contengan niveles peligrosos de metales pesados o compuestos persistentes altamente tóxicos o nocivos.



Residuos que se pueden incinerar, tratar en autoclave o esterilizar

- Residuos de despojos de los animales importados.
- Cultivos de laboratorio de microorganismos y plantas patógenas.
- Productos avícolas introducidos.



Productos prohibidos

- Difenilos policlorurados (PCB).
- Tierra no estéril.
- Gránulos o virutas de poliestireno u otras formas similares de embalaje.
- Pesticidas (aparte de aquellos que sean necesarios para fines científicos, médicos o higiénicos).

¿Cuáles son los principales contaminantes en la Antártica?

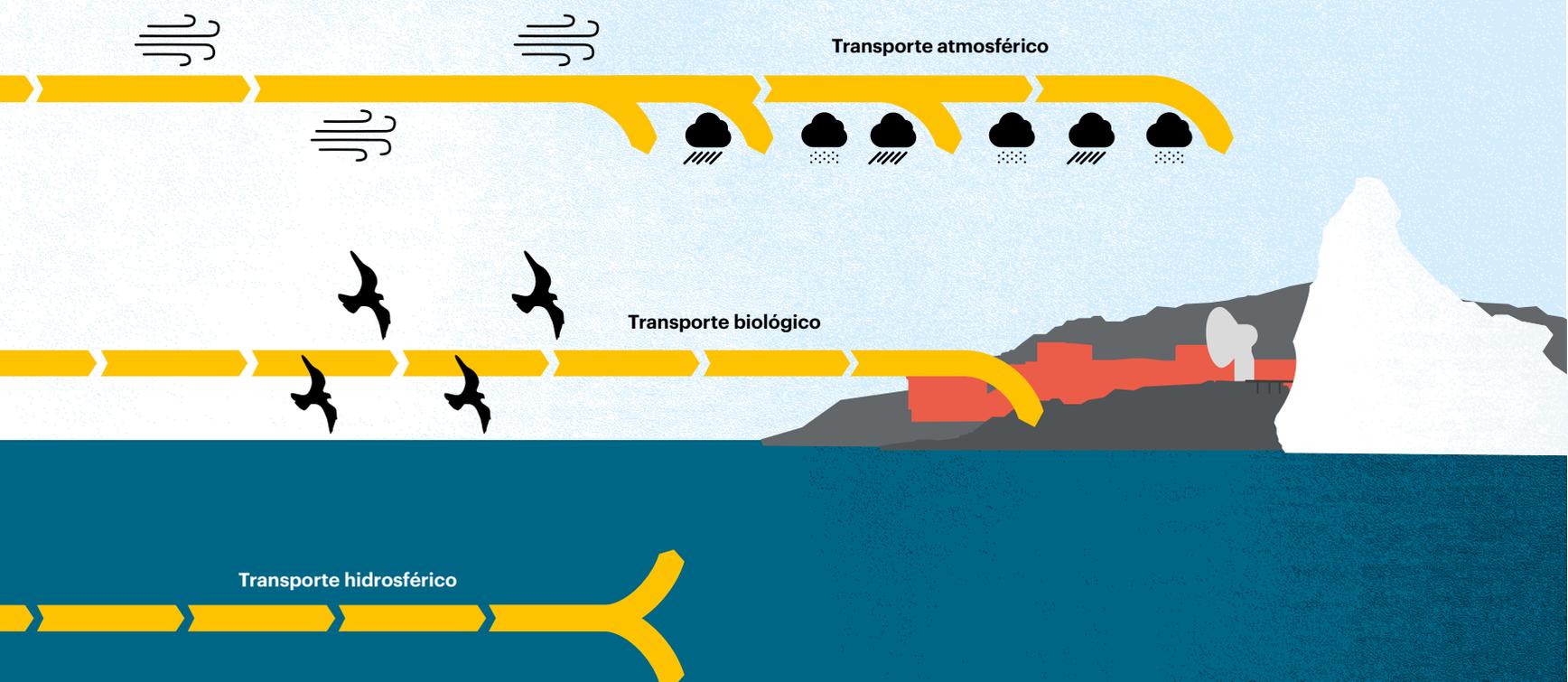
A pesar de los esfuerzos internacionales de que el Continente Blanco se vea afectado lo menos posible por la presencia humana, se ha encontrado evidencia de contaminantes tanto en el ambiente como en la cadena trófica antártica.

Contaminantes orgánicos persistentes

Los contaminantes orgánicos persistentes (COP) son compuestos químicos altamente tóxicos que durante parte del siglo XX fueron utilizados como pesticidas, solventes e incluso fármacos. Si bien hoy se encuentran prohibidos a nivel mundial, debido a los demostrados efectos dañinos sobre el medioambiente y la salud humana, estos siguen siendo encontrados en todo el mundo, debido a que son resistentes a la degradación y, como consecuencia, permanecen en el ambiente por tiempo indefinido.

Estos químicos son bioacumulables, es decir, se incorporan en los tejidos de los seres vivos y van subiendo a lo largo de la cadena trófica. Además, tienen potencial para transportarse largas distancias, por lo que pueden llegar a regiones en las que nunca se han producido o utilizado, como es el caso de la Antártica.

Como consecuencia, se ha encontrado evidencia de cantidades cada vez mayores de estos químicos en las costas, en el aire y en las especies del Continente Blanco, lo que sugiere que están llegando desde otras partes del mundo.





Microplásticos

Los micro y nanoplásticos son piezas muy pequeñas de plásticos libres en el medioambiente y especialmente en el mar, los cuales dañan gravemente a los organismos marinos en todo el mundo.

Las investigaciones permiten suponer que buena parte de estos contaminantes llegan a Antártica desde otros continentes por medio de la corriente circumpolar, pero también por su uso en las bases polares, así como los buques pesqueros, sus cuerdas y sus cajas plásticas de plumavit.

En la actualidad se han encontrado microplásticos principalmente asociados a las heces de poblaciones de pingüinos papúa, lo que significa que ya forman parte de la trama trófica de varias especies antárticas.





«Antártica es una línea moral en la nieve.
Y debemos luchar del mismo lado de esa línea,
luchar duro por mantener este hermoso lugar
impecable, único en la Tierra».

Robert Swan, primera persona en caminar hasta los dos polos del mundo.



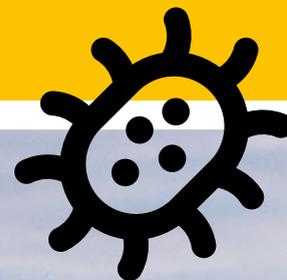
Desde la firma del Tratado Antártico en 1951, el Continente Blanco ha sido considerado como un lugar que debe ser estudiado y conservado para futuras generaciones. Estados, organizaciones y personas realizan grandes esfuerzos por mantener la vida y el entorno polar, con el fin de asegurarse de que el impacto humano se reduzca al mínimo.

PARA SABER MÁS

- Charla completa de Robert Swan sobre la conservación de la Antártica en TED.
- TEDx Punta Arenas



Hacia el impacto cero



Aire

Los efectos que el ser humano ha tenido sobre el continente pueden verse en el aire. Aunque la Antártica es considerada por muchos como un continente aislado, libre de la contaminación, la verdad es que la pureza de su aire ha sufrido los mismos ataques que el resto de nuestro planeta.

En la actualidad, el aire presente en la Antártica muestra signos de contaminación preocupantes: pequeñas partículas en estado sólido o líquido suspendidas en el aire, denominadas aerosoles atmosféricos, causados por las actividades de turismo y científicas, además de la traída por las corrientes de viento que cargan la contaminación de las grandes ciudades del mundo.

Tierra

Una de las consecuencias más graves de la presencia de humanos en la actualidad es la contaminación por hidrocarburos, elementos altamente contaminantes que tienen un enorme impacto en el ecosistema y, mal tratados o ignorados, pueden permanecer por décadas en el ambiente.

La mayor parte de la presencia de hidrocarburos en el suelo antártico proviene de las actividades humanas, ya sea para la generación de electricidad y calefacción en las bases o el funcionamiento de vehículos y aeronaves.



Especies foráneas

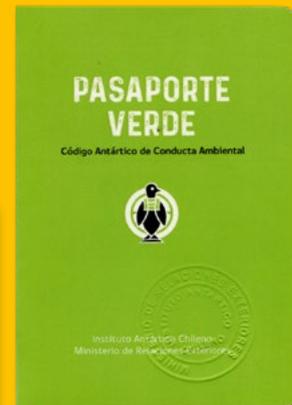
Junto con el hombre han llegado especies foráneas nunca vistas en el Continente Helado. Aunque para la mayoría la permanencia en las duras condiciones antárticas es imposible, algunas han podido sobrevivir: es el caso de dos especies de pasto, llamados *Poa annua* y *Poa pratensis*, las cuales fueron introducidas por primera vez en la isla Rey Jorge en los años 90 y hoy crecen en suelos intervenidos por los humanos.

Estas especies poseen pequeñas semillas que pueden ser transportadas por el viento o el hombre, en los zapatos o ropa de trabajo, lo que aumenta el riesgo de dispersión hacia otras zonas de la península Antártica.

Agua

Una importante amenaza causada por el hombre en las costas del continente es la llegada de basura y plásticos, los cuales se cree provienen principalmente de los océanos del norte, que empujados por temporales y tormentas depositan todo tipo de material en las costas del sur.

Incluso en zonas que no son habitualmente visitadas por humanos es posible encontrar materiales de plástico, boyas de barcos, botellas y recipientes de gran tamaño. Esta es otra evidencia de que el continente de hielo está íntimamente conectado con el resto del planeta, por lo que sufre también los efectos de la actividad humana indiscriminada.



El INACH publicó en 2017 el Pasaporte Verde, una guía que resume un código de conducta ambiental en la Antártica. Todas las visitas al Continente Blanco deben realizarse en conformidad con el Tratado Antártico y su Protocolo de Protección del Medioambiente, teniendo en cuenta:

- Respetar el entorno y las instalaciones, para no interferir en las actividades científicas. No alteres ni contamines el lugar donde estés.
- Proteger la fauna y la vegetación. Mantén una distancia adecuada de la vida silvestre. Ten cuidado en dañar la frágil vegetación al caminar.
- Planificar tu viaje: asegúrate de contar con el equipamiento y la ropa adecuados para un clima frío, intenso y cambiante.

ILUSTRACIONES: AHMED SAGARWALA, DINOSOFT LABS, GREGOR CRESNAR, IAIN HECTOR, MELLO Y PETER VAN DRIEL. THE NOUN PROJECT.





Fuentes consultadas

Sitios web

- Instituto Antártico Chileno
<https://www.inach.cl/>
- Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos
<http://www.noaa.gov/>
- Agencia Espacial Europea
<http://www.esa.int/>
- Antarctic Cities
<https://antarctic-cities.org/>
- Biblioteca del Congreso Nacional, Ley Chile
<https://www.bcn.cl/leychile/>
- British Antarctic Survey
<https://www.bas.ac.uk/>
- Cepal, Observatorio del Principio 10
<https://observatoriop10.cepal.org/es>
- Real Academia Española, Diccionario Panhispánico de Dudas
<https://www.rae.es/dpd/>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)
<https://www.ipcc.ch/languages-2/spanish/>
- Memoria Chilena
<http://www.memoriachilena.gob.cl/>
- National Science Foundation
<https://www.nsf.gov/>
- Organización Meteorológica Mundial
<https://public.wmo.int/es>
- Secretaría del Tratado Antártico
<http://www.ats.aq/>

Libros

- Instituto Antártico Chileno (2020). *Huellas antárticas en Punta Arenas y el Estrecho de Magallanes*. Punta Arenas: Instituto Antártico Chileno.
<https://www.inach.cl/inach/?p=30482>
- Instituto Antártico Chileno (2018). *Patagonia Fósil. Guía Paleontológica del Cretácico Magallánico*. Punta Arenas: Instituto Antártico Chileno.
https://drive.google.com/file/d/1nG5oVelheyM52bh9uiKzy8PQ_GbvQL1O/view?usp=sharing

Revistas

- *Boletín Antártico Chileno (BACH)*
- *Programa Nacional de Ciencia Antártica (PROCIEN)*
- *ILAIA. Advances in Chilean Antarctic Science*
https://www.inach.cl/inach/?page_id=8680
- *Revista Diplomacia*
<https://academiadiplomatica.cl/centro-de-publicaciones/>
- *Advances in Marine Biology*
<https://www.sciencedirect.com/bookseries/advances-in-marine-biology>

Medios de comunicación

- El Mostrador
<https://www.elmostrador.cl/>
- La Prensa Austral
<https://laprensaaustral.cl/>

Video

- Instituto Antártico Chileno
https://www.youtube.com/channel/UCBq8f8nhl_DxpGF3MGmP3IQ
- Agencia EFE
<https://www.youtube.com/channel/UCvJS-YNyaWyOucx8bGrHVvw>
- Coalición de Jóvenes Antárticos Punta Arenas
<https://www.youtube.com/channel/UC27uMKYG-WUHjH2W0TSHGJQ>



Este libro se terminó de imprimir en los talleres de imprenta Ograma en diciembre de 2021.

Se imprimieron 1.000 ejemplares en papel bond 106 g en el interior y en couché 350 g para las tapas.



Autorizada su circulación por Resolución nº 127, del 22 de noviembre de 2021, de la Dirección Nacional de Fronteras y Límites del Estado.

La edición y circulación de mapas, cartas geográficas y otros impresos y documentos que se refieran o relacionen con los límites y fronteras de Chile no comprometen, en modo alguno, al Estado de Chile, de acuerdo con el Art. 2º, letra g) del DFL Nº 83 de 1979 del Ministerio de Relaciones Exteriores.



Chile es un país antártico y posee una vocación polar antigua y vigorosa. El INACH está orgulloso de ofrecer al sistema educativo y a la sociedad en general estas páginas que se abren al asombro y al descubrimiento de un continente con las claves de nuestro futuro.

Financiado por la iniciativa programática "Centro Antártico Internacional", del INACH.



www.inach.cl

NEGROEDITORES

ISBN: 978-956-7046-21-8



9 | 789567 | 046218 |

