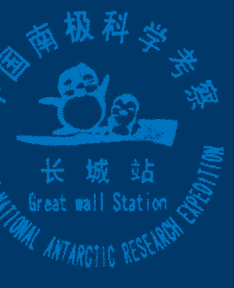




Enciclopedia visual de la Antártica

Un viaje
por el tiempo,
la vida y el entorno
en el continente
más extremo
del mundo



BASE ESPERANZA 53° 24' S - 57° 00' W

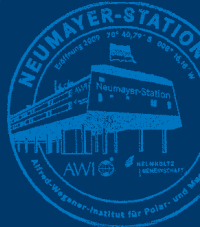


M.S. LINDBLAD EXPLORER ANTARCTICA - 1976/1977

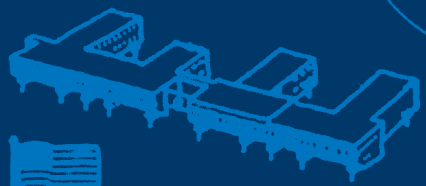
Port Lockroy Antarctica 64°49'S, 63°29'W



WA11XAD ANTARCTICA



中国第二十六次南极考察纪念 The 26th Chinese National Antarctic Research Expedition



Enciclopedia visual de la Antártica

Un viaje
por el tiempo,
la vida y el entorno
en el continente
más extremo
del mundo



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

Fax: 56-61-2298149

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

Dirección editorial

Edgardo Vega

Luis Rojas

Reiner Canales

Alfredo Fuentes

Investigación y redacción

Miguelángel Sánchez

Michelle Ferrer

Dirección de arte

Luis Rojas

Diseño

www.negro.cl

Asesores científicos

César Cárdenas

Marcelo González

Marcelo Leppe

Lorena Rebolledo

Pamela Santibáñez

Colaboradores

Harry Díaz

Mathias Hüne

René Quinán

Paulina Rojas

Pablo Ruíz

Ignacio Vidaurrázaga

Gustavo Zúñiga

Ilustraciones

Manuela Montero

Harol Bustos

Fotografía

Archivo Inach

F. Trueba / EFE

René Quinan

Harry Díaz

Cristóbal Marambio

istockphoto.com

Corrección de textos

Norinna Carapelle

Impresión

Ograma

ISBN: 978-956-7046-12-6

1ª edición enero 2018

Santiago de Chile

Imagen de portada: Dave Pape

Para leer este libro

Se han organizado los contenidos de esta Enciclopedia según las relaciones entre la Vida, el Tiempo y el Entorno.

Tiempo y Entorno integra información sobre los cambios ocurridos en el continente antártico durante millones de años hasta el presente.

Entorno y Vida muestra las interacciones entre el medioambiente, la flora y fauna antártica en sus distintas dimensiones.

Vida y Tiempo describe la evolución de la vida y la historia de la presencia humana en el continente.

Bienvenidos y bienvenidas.

- 78 Evolución en el pasado de la Antártica
- 82 Ecos de la Antártica verde
- 84 El paso perdido
- 85 El fin de la Antártica cálida
- 86 El ser humano en la Antártica
- 87 Primeros acercamientos
- 88 Tierra a la vista
- 89 La era de las exploraciones
- 90 Shackleton y la aventura del *Endurance*
- 91 Luis Pardo. El rescate en la *Yelcho*
- 94 La carrera hacia el fin del mundo
- 95 La exploración chilena del continente
- 96 Caza y explotación de los recursos antárticos
- 99 ¿Cómo será el futuro del continente?
- 100 El Tratado Antártico
- 104 Ciencia y paz
- 106 Testigos de hielo y sedimento
- 110 Mirando al cosmos desde el sur
- 112 Tecnologías antárticas
- 116 Vivir en la Antártica
- 118 Bases para un mundo helado
- 120 Vestidos para sobrevivir
- 124 Los desechos y su manejo
- 126 Hacia el impacto cero
- 128 Chile antártico
- 134 El Inach. Asumiendo la vocación antártica de Chile
- 138 CAI. La nueva casa para la tribu antártica
- 140 80 preguntas para el futuro

tiempo

- 12 ¿Qué tan lejos está?
- 14 Pangea y Gondwana
- 16 Historia de la glaciación
- 18 El congelador del mundo
- 20 El océano Austral
- 22 Teleconexión Antártica y Atacama
- 24 La criósfera
- 26 Hielo
- 27 Lagos subglaciares
- 28 Una atmósfera frágil
- 30 Vientos catabáticos.
- 31 Albedo. El espejo del mundo
- 32 ¿Qué es el cambio climático?
- 34 La Antártica se derrite

vida

- 38 Diversidad biológica
- 40 Adaptación de las especies al frío
- 42 Gigantismo y enanismo
- 43 Productividad en el océano Austral
- 44 Trama trófica. Comer y ser comido
- 46 La Antártica dominada por procariontes
- 47 La vida al límite
- 48 Bacterias y microorganismos
- 51 Parásitos
- 52 El kril, una pieza clave
- 54 Peces
- 56 Aves
- 60 Mamíferos
- 68 Líquenes, musgos, hongos y algas
- 70 Vida de las plantas superiores
- 74 Colonos inesperados en el continente

entorno

«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.



«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

Han pasado varios años desde la última edición de nuestro libro *Introducción al conocimiento antártico*, que buscaba acercar al lector común una síntesis de información sobre el Continente Blanco. En este tiempo, no solo quedaron desactualizados algunos contenidos, sino, sobre todo, la forma de presentarlos.

Con la construcción, en Punta Arenas, del Centro Antártico Internacional (CAI) ya en el horizonte, se hacía necesario repensar nuestras estrategias para vincular a la ciudadanía con el quehacer polar. En el CAI el visitante encontrará una visión de la Antártica que no existe en ninguna otra parte del planeta.

Este libro está escrito como un manual de instrucciones para comprender mejor el cruce de sentidos que la vida, el tiempo y el entorno han tejido allí, en un territorio que ha experimentado gigantescas transformaciones, guardando en su piel de hielos la historia de la Tierra.

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.

En promedio, la Antártica es el continente más alto

2.300^{msnm}

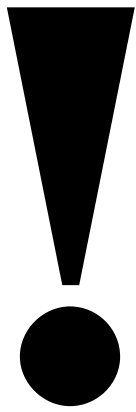
La mayor altura del continente es la cúspide del macizo Vinson, con una elevación de 4.897 msnm (4.892 desde su base), descubierta en 1958 a poco más de un kilómetro del polo sur. A su vez, el volcán más alto es el monte Sidley, que alcanza 4.286 msnm.

**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 de Don Juan, un pequeño y poco profundo charco al noreste del continente, tiene un 40% de porcentaje de sal, lo cual hace que se mantenga líquido en temperaturas de -50 °C durante el año.

$-89,2\text{ °C}$

La temperatura más baja registrada en toda la historia.

En la base Vostok se midió directamente con termómetro -89.2 °C el 21 de julio de 1983.

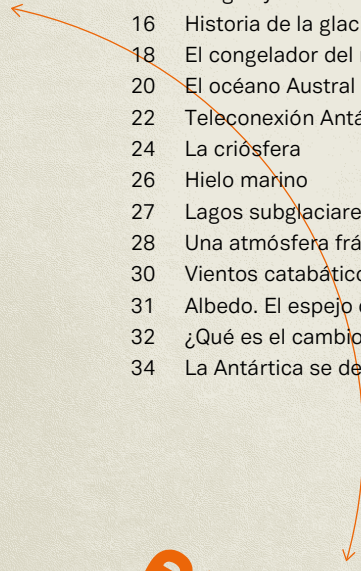
El primer chileno nacido en la Antártica fue Juan Pablo Camacho Martino, el 21 de noviembre de 1984, en la Villa Las Estrellas

tiempo

- 12 ¿Qué tan lejos está?
- 14 Pangea y Gondwana
- 16 Historia de la glaciación
- 18 El congelador del mundo
- 20 El océano Austral
- 22 Teleconexión Antártica y Atacama
- 24 La criósfera
- 26 Hielo marino
- 27 Lagos subglaciares
- 28 Una atmósfera frágil
- 30 Vientos catabáticos.
- 31 Albedo. El espejo del mundo
- 32 ¿Qué es el cambio climático?
- 34 La Antártica se derrite

vida

entorno





Tiempo y Entorno

La Antártica no es
un continente aislado

Los evidentes efectos del calentamiento global en las zonas polares han cambiado la percepción general que tenemos de ellas como detenidas en el tiempo, invariables, literalmente congeladas. Sin embargo, la historia natural de la Antártica es muy distinta, con enormes transformaciones.

¿Qué tan lejos está la Antártica del resto del mundo?

Debido a la menor cantidad de tierra firme presente en el hemisferio sur, solo unos pocos puntos y ciudades pueden ser considerados «cerca» al continente. La distancia más próxima entre la Antártica y sus islas a otra masa continental se encuentra en el estrecho conocido como paso Drake, que conecta la Antártica con la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena.

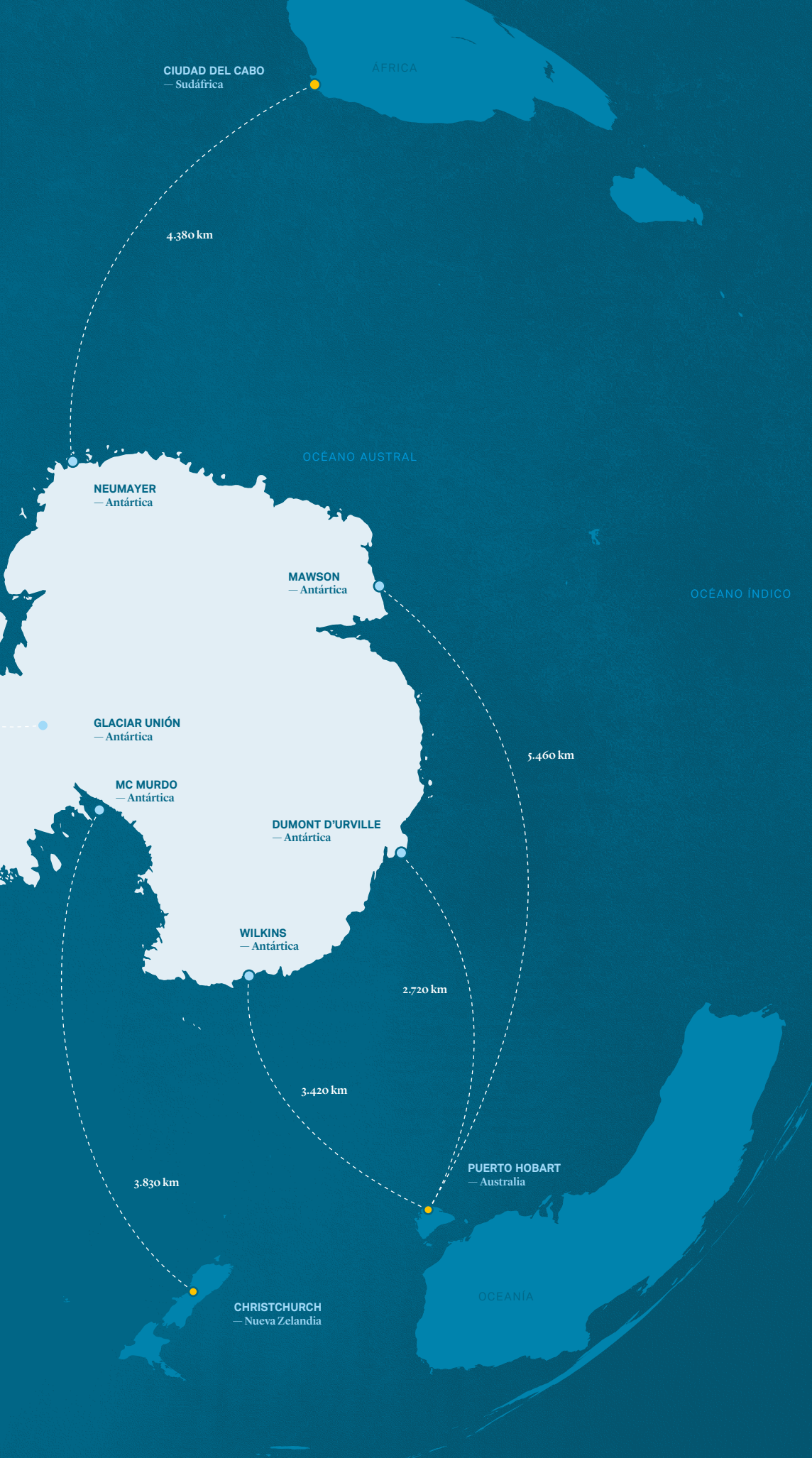
Cerca de 1.000 km separan a la superficie continental austral de la ciudad de Punta Arenas, principal puerta de entrada a la Antártica desde Sudamérica y uno de los puertos de partida de famosas expediciones exploratorias, científicas y comerciales. En otras partes del globo, ciudades como Christchurch, en Nueva Zelanda, y Ciudad del Cabo, en Sudáfrica, han servido también para alcanzar otros puntos del continente y sus islas.

A su aislamiento geográfico debemos sumar las condiciones climáticas extremas y la bravura del océano Austral, que han mantenido al continente en una frágil soledad. Recién en los últimos cien años el ser humano se ha atrevido a poner los pies sobre esta tierra inhóspita, pero llena de secretos.



1.000 km

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



Gracias a su cercanía, Chile es la puerta de entrada del mundo a los misterios de la Antártica, por lo que nos encontramos con una oportunidad única para aprender de ella y aprovechar lo que nos puede ofrecer. El Continente Helado es un laboratorio natural perfecto para conocer nuestro pasado y aprender sobre el futuro, un espacio para la exploración y la colaboración mundial.

Pangea y Gondwana

A pesar de parecernos 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, 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 James 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.

Eón	Era	Periodo	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	
Cámbrico		540	
Proterozoico	Neoproterozoico	Ediacariano	635
		Criogeniano	850
		Toniano	1.000
	Mesoproterozoico	Steniano	1.200
		Ectasiano	1.400
		Calymmiano	1.600
	Paleoproterozoico	Statheriano	1.800
		Orosiriano	2.050
		Rhyaciano	2.300
		Sidriano	2.500
Arqueano			4.000
Hadeano			4.600



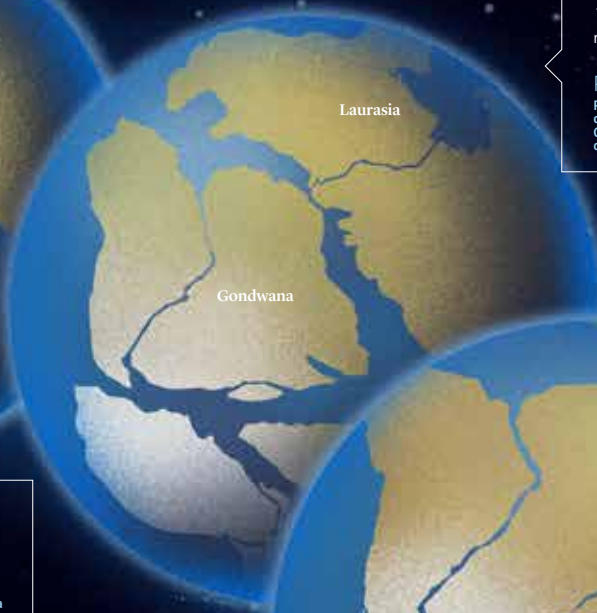
La tabla muestra de manera aproximada el inicio (en millones de años) de las grandes divisiones del tiempo geológico. En color se destaca el periodo ilustrado a la derecha.

: Extinciones más importantes de la vida en la Tierra.



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.



66
millones de años atrás

Período Cretácico

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

El presente

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 los 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 consideradas 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

Cambios en los patrones de circulación oceánica y descenso de los niveles de CO₂ atmosférico han sido consideradas 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.

acotadas el congelamiento que tuvo el continente. El 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 los siete de décadas anteriores.

ILUSTRACIÓN: PABLO RUIZ



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%





99,68%

de la Antártica está cubierta de hielo
(26.920.000 km³)

77%

del hielo está en
el lado Oriental

23%

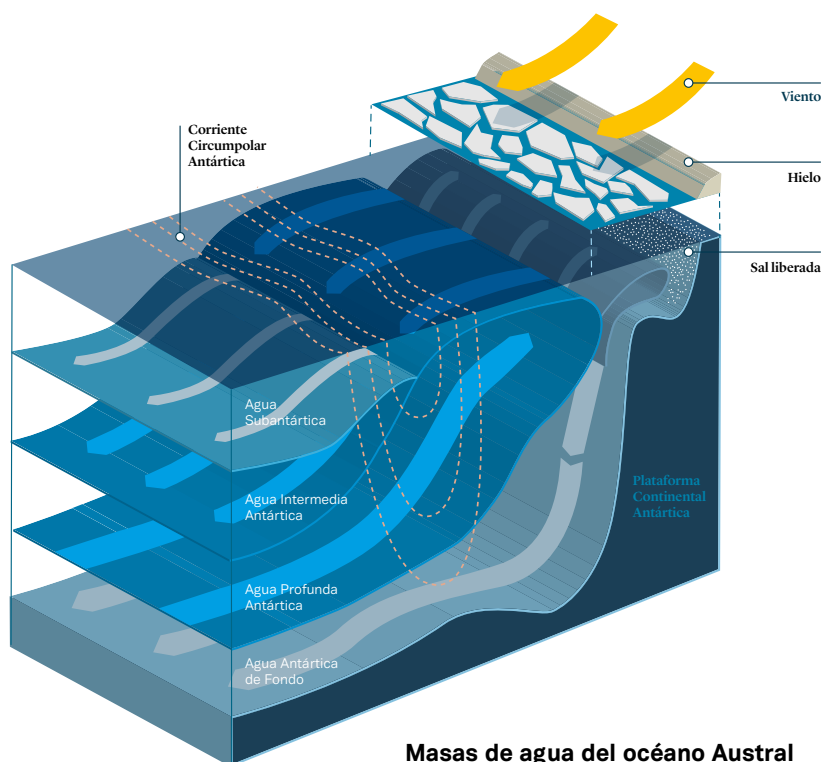
del hielo está en
el lado Occidental

El océano Austral

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.

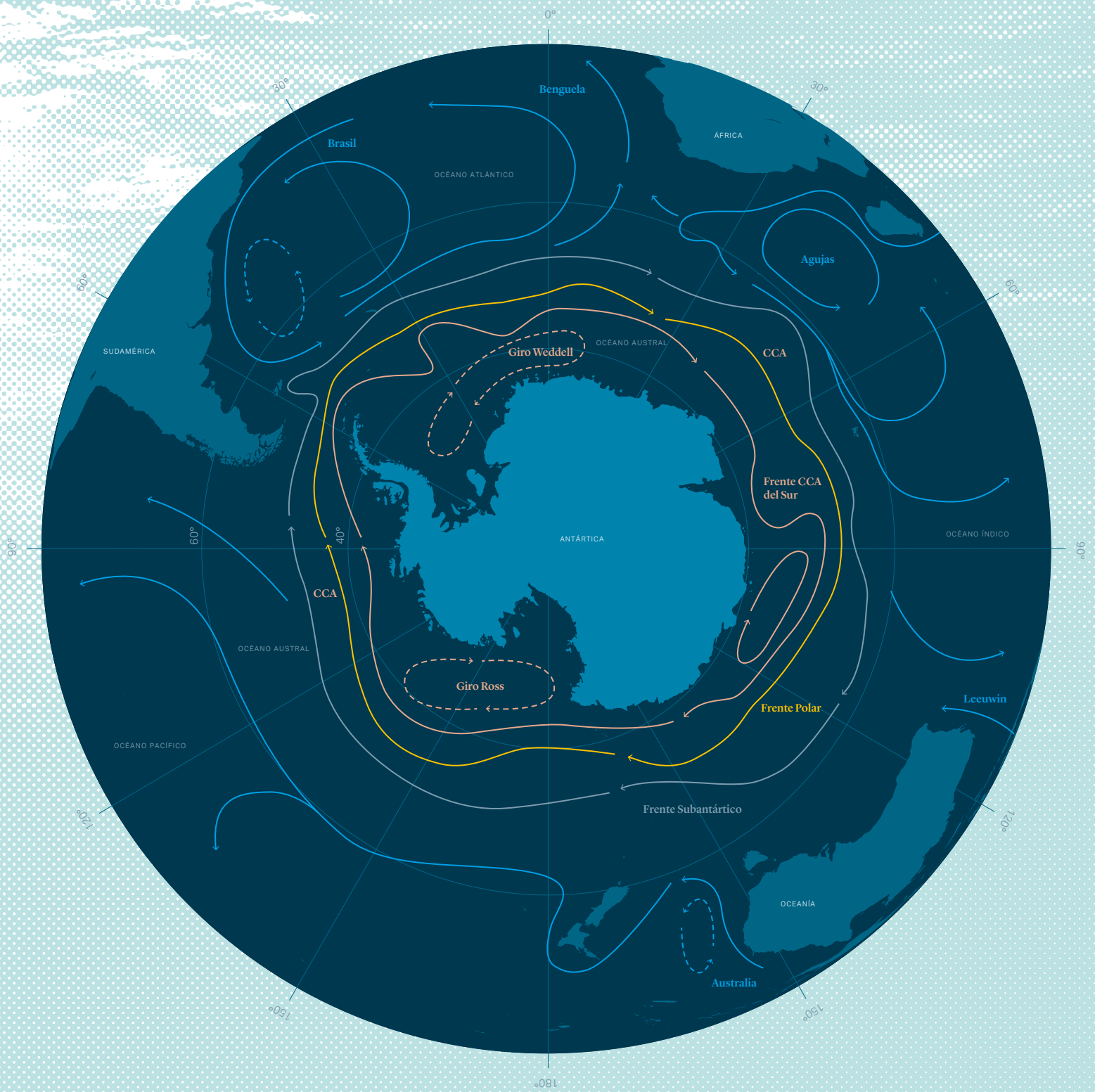
La Corriente Circumpolar Antártica es una poderosa corriente con un flujo de aproximadamente 130 Sv (millones de metros cúbicos por segundo), que fluye en la Antártica de oeste a este y recorre cerca de 23.000 km. Esta corriente se localiza entre el frente subantártico y el frente polar. Los frentes 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.





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 en superficie, 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 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.



Masas de agua del océano Austral

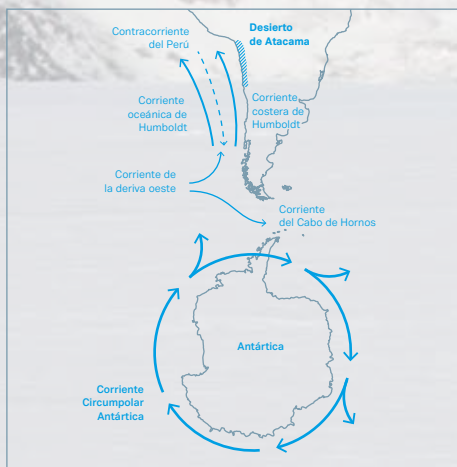
El océano Austral presenta varias masas de agua, las cuales difieren en temperatura, salinidad y la dirección del flujo. La masa de agua más superficial y la más profunda fluyen hacia el norte, mientras que la masa intermedia lleva el agua hacia el sur. En el océano Austral existen sitios de formación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



-  Corriente Circumpolar Antártica
-  Frente Subantártico
-  Frente Polar
-  Corriente oceánica

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.



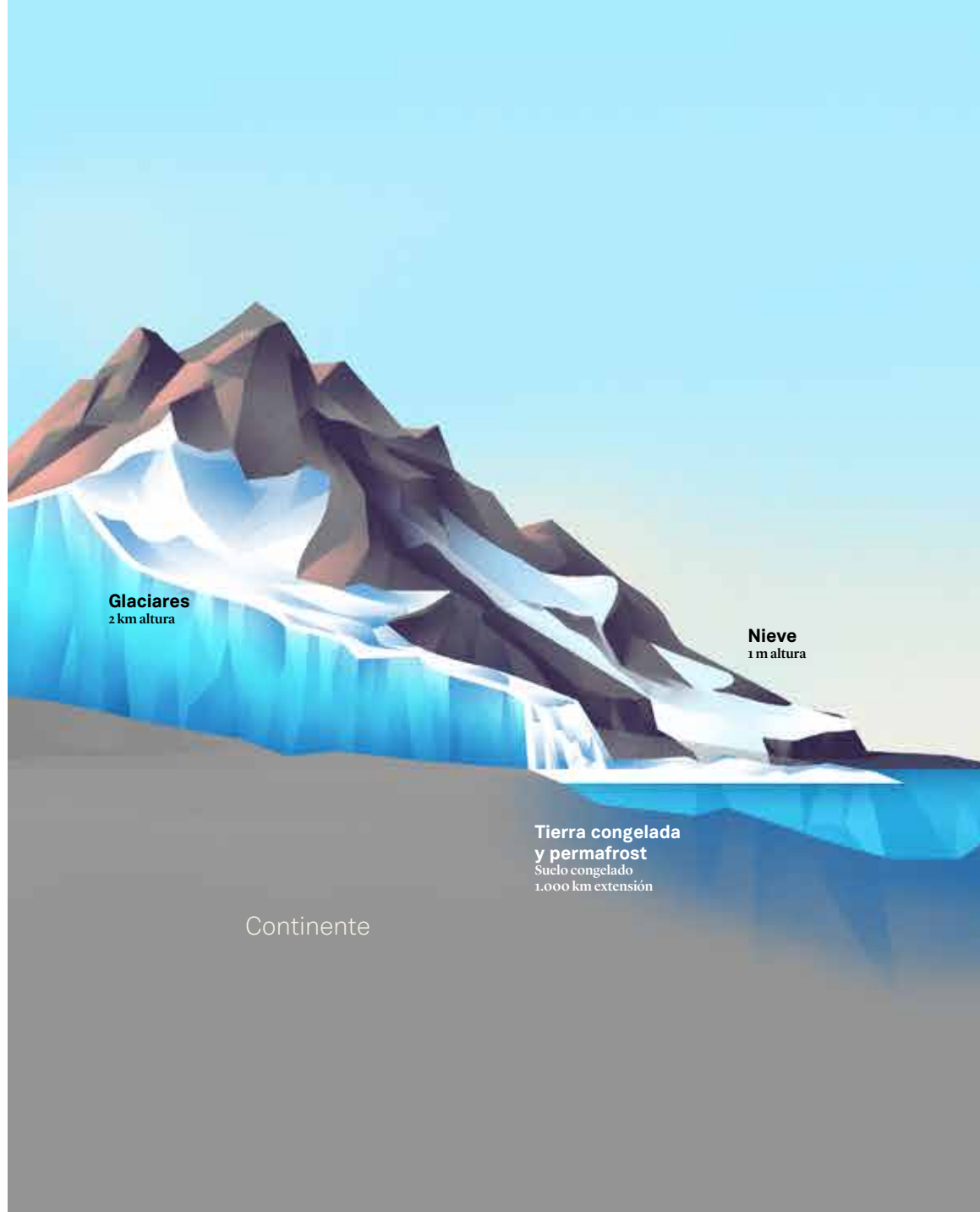


La criósfera

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.

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.

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 el eventual aumento. El aumento en el nivel del mar producto del derretimiento de grandes masas de hielo terrestre puede de afectar la vida y habitabilidad humana en las costas del planeta.



Glaciares
2 km altura

Nieve
1 m altura

Tierra congelada y permafrost
Suelo congelado
1.000 km extensión

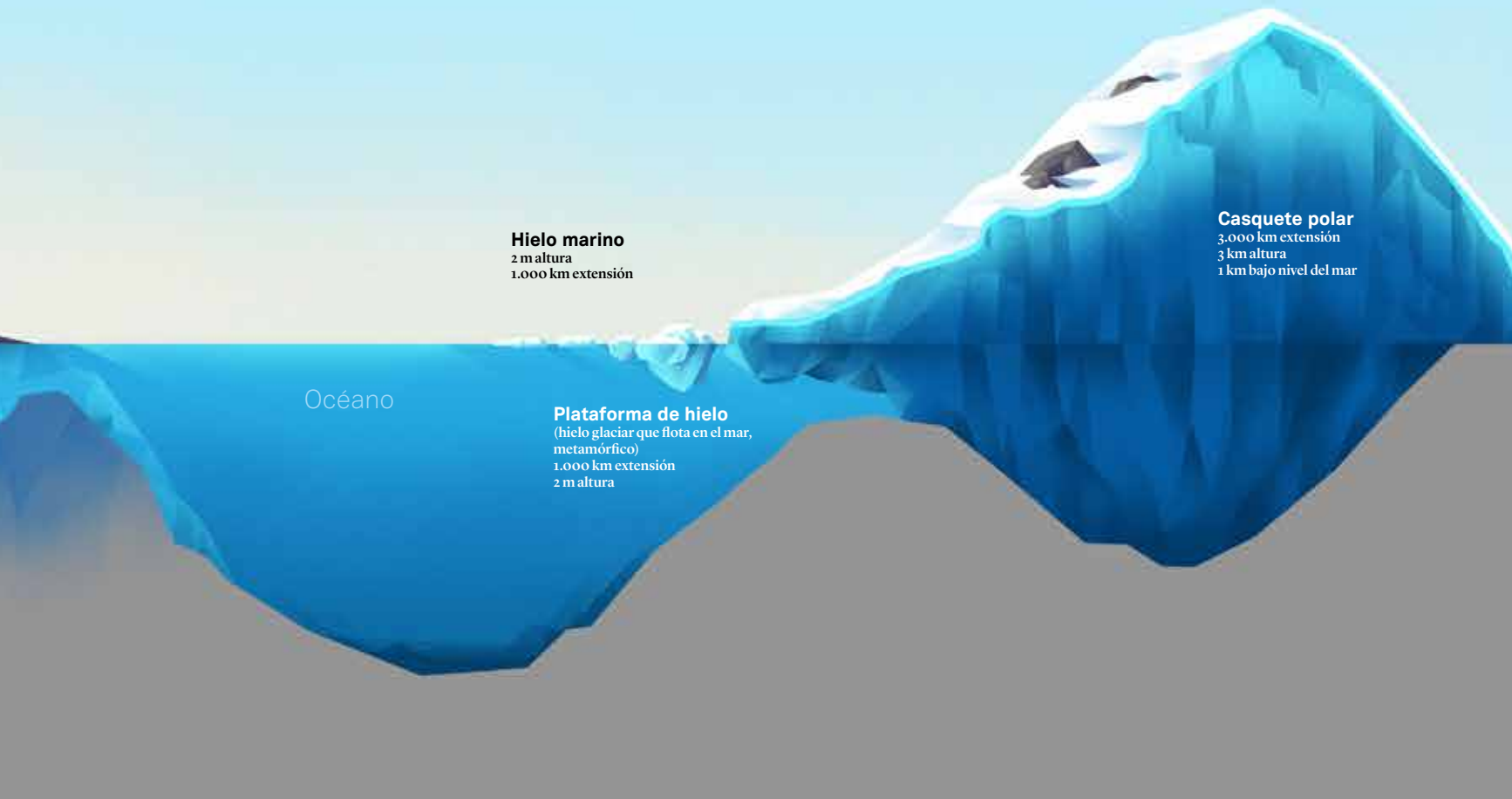
Continente

Nivel del mar

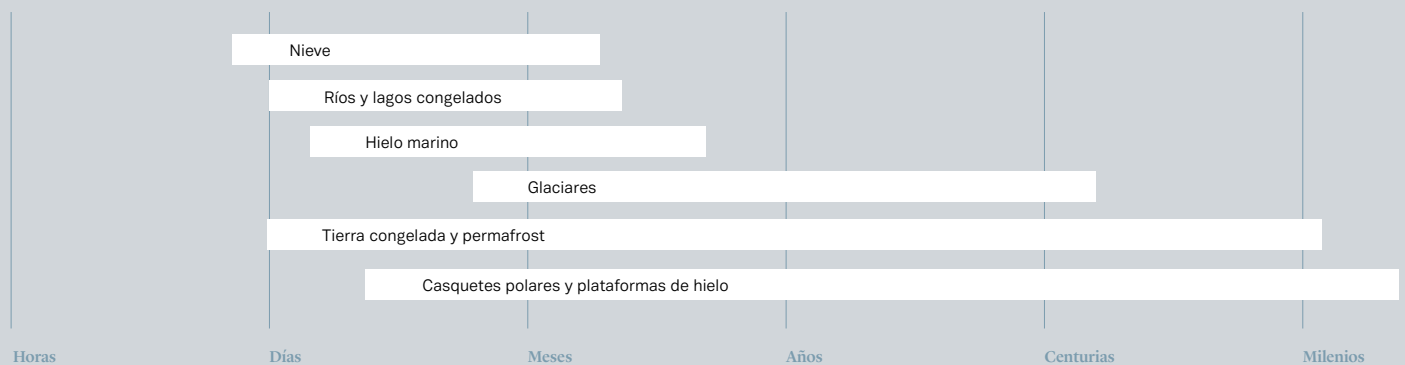
Al mantener una gran cantidad del agua del planeta en estado sólido, la criósfera tiene una gran influencia en la mantención del nivel del mar. Producto del cambio climático, este nivel ha

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.

Nuestro planeta posee una gran cantidad de agua en estado líquido, que llena los océanos, lagos y ríos, y también en forma de gas, la cual forma 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.



Duración según escalas temporales de los distintos tipos de hielo

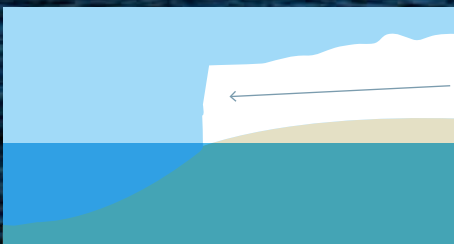


Hielo

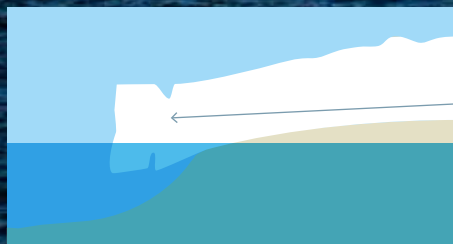
Lejos de ser estáticas, las grandes capas de hielo antártico viven un constante proceso de acumulación y ablación (desprendimiento y derretimiento). Cuando finalmente se desprenden del continente, estas enormes estructuras flotantes suelen tener más del 90% de su volumen bajo el mar y pueden llegar a pesar cerca de 200 mil toneladas. El témpano (iceberg) más grande jamás registrado se desprendió en el año 2000 desde la plataforma de hielo flotante de Ross y es llamado Iceberg B-15 y llegó a tener cerca de 11 mil 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.



① 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).



② 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.



③ Tanto el movimiento del hielo hacia el mar, como la acción desgastadora de las olas y el deshielo, desprenden trozos de la barrera que quedan a la deriva en el mar, lo que forma icebergs de diferentes tamaños.

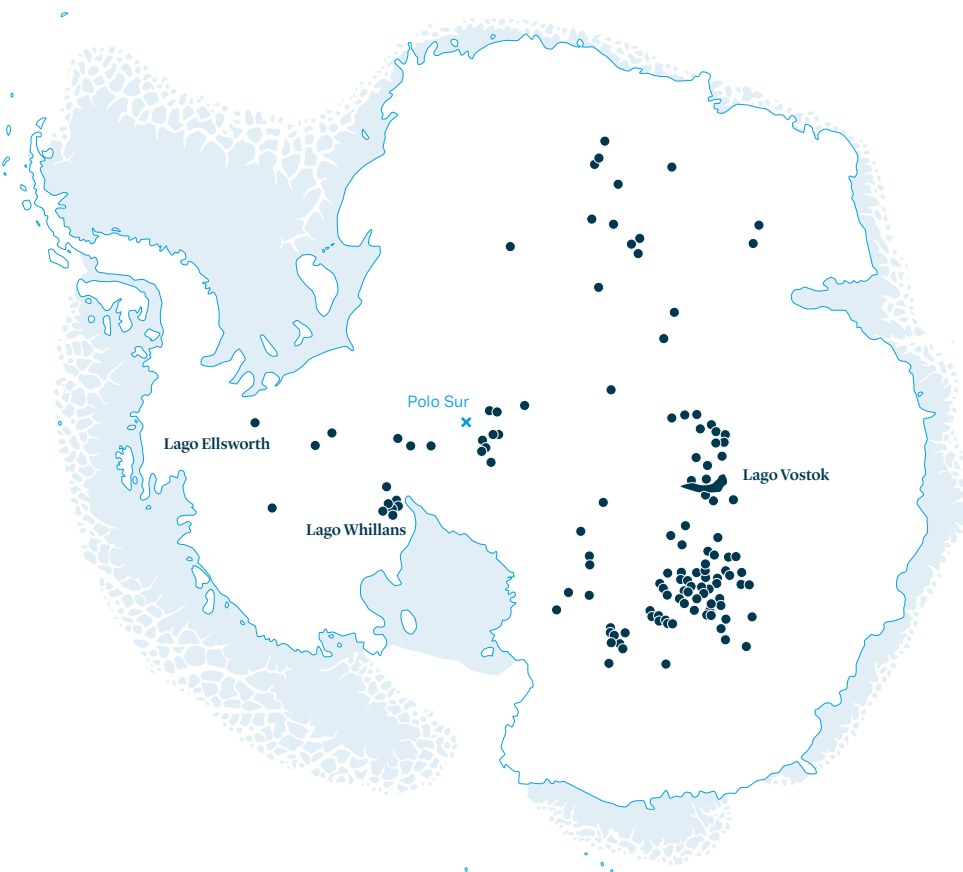
Lagos subglaciares

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.

En septiembre de 2016 se publicó una detallada descripción de las comunidades microbianas de uno de los últimos hábitats sin explorar: el lago subglaciar Whillans (Antártica occidental), que se encuentra bajo 800 metros de hielo, con agua en estado líquido a causa de la salinidad y la presión.

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.

Obtener muestras directamente y de una manera limpia desde estos medioambientes es un gran desafío tecnológico. Si el muestreo no es realizado con cuidado, la integridad medioambiental y los valores científicos se verían comprometidos. Se requiere de estrategias que reduzcan el ingreso de microbios asociados a los



Ubicación de algunos lagos subglaciares antárticos.

FUENTE: WWW.ANTARCTICGLACIER.ORG. SERGERT ET. AL. 2005

procesos de perforación y minimizar el intercambio entre los medioambientes superficiales y subglaciares.

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 $1,3 \times 10^5$ células mL. Además, datos de producción primaria y heterotrófica revelaron que este lago contiene una comunidad microbiana (organismos unicelulares) metabólicamente funcional, que estaría so-

portada por actividad quimioautotrófica en oscuridad, independiente completamente del sol.

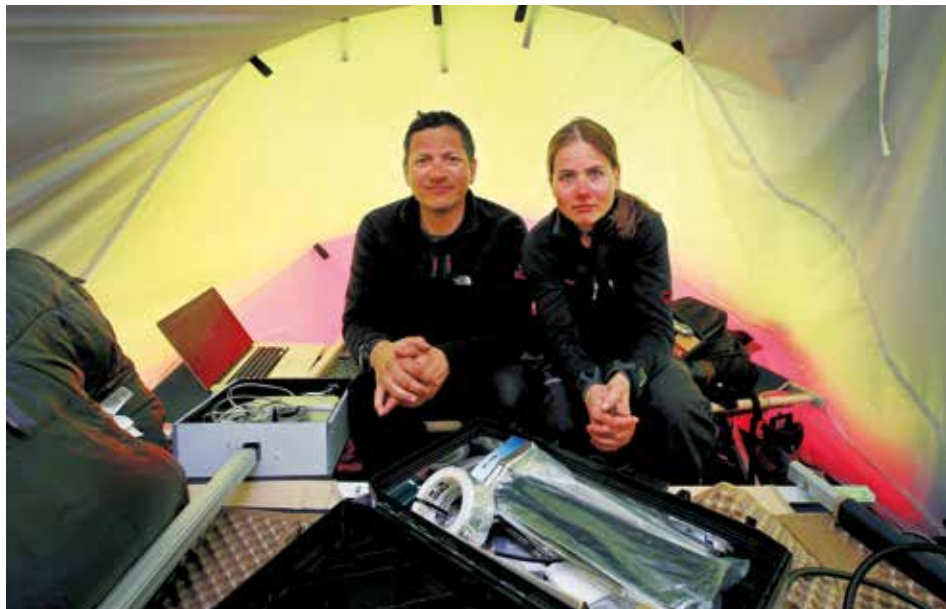
Las formas de vida encontradas en este y otros lagos subglaciares ayudarán a entender qué tipo de vida puede sobrevivir o habitar en otros planetas. En otras palabras, estos sistemas son físicamente análogos a los que existen en, por ejemplo, Europa, luna de Júpiter.

Debido a que estos lagos han estado sin conexión con la atmósfera hace millones de años, pueden entregar información vital acerca de la evolución microbiológica, los climas pasados y la formación de los casquetes polares.

FUENTES: WRIGHT Y SIEGERT, 2012; FRICKER ET AL., 2007.

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.



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

¿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 perfec-

ta. 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.

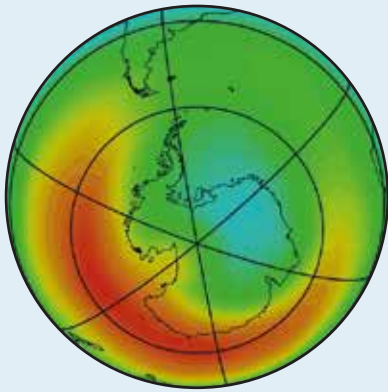
Para principios del siglo XXI, el agujero en la capa de ozono del continente llegó a crecer millones de kilómetros cuadrados, lo que significó un serio riesgo para la salud en el continente y sus alrededores, especialmente en Chile, su vecino más cercano.

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, tanto que se pronostica que su regreso a niveles normales podría concretarse en la segunda mitad del siglo XXI.

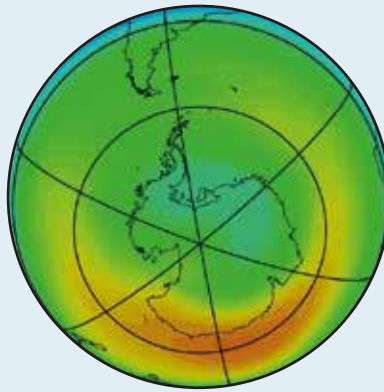
PARA SABER MÁS

- <http://www.inach.cl/inach?p=19562>
- <http://antarctica.cl/wp/wp-content/uploads/2017/04/Radiacion-Solar-en-Chile.compressed.pdf>

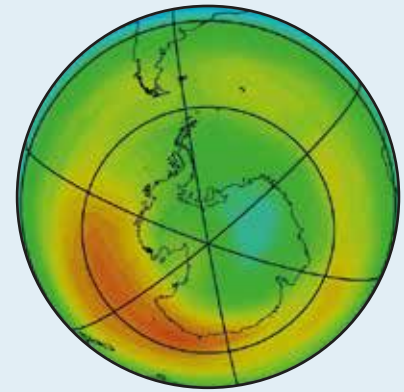
Ozono total antártico



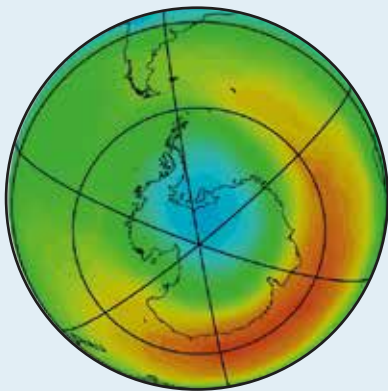
Año 1970



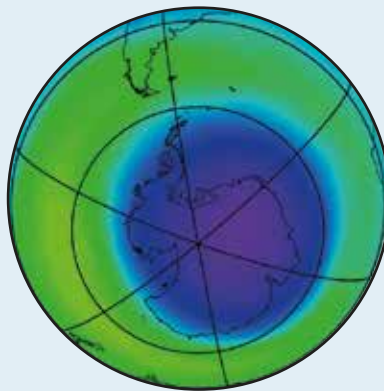
Año 1971



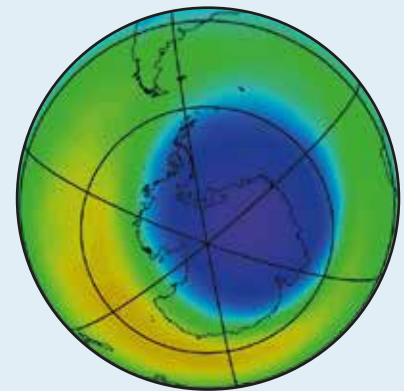
Año 1972



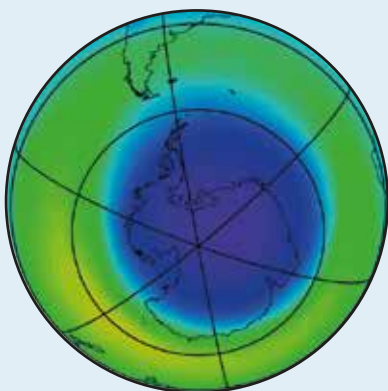
Año 1979



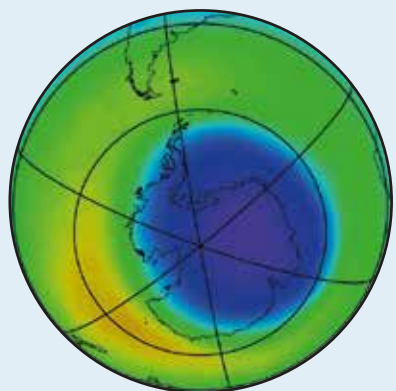
Año 2006



Año 2007

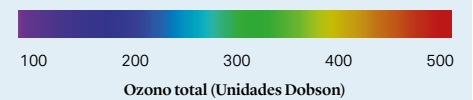


Año 2008



Año 2009

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/>

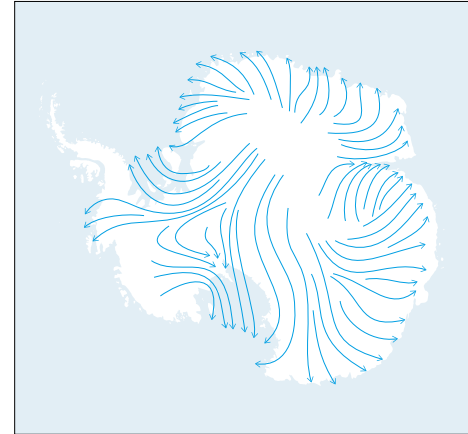
¿Cómo circula la atmósfera?

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 ro-

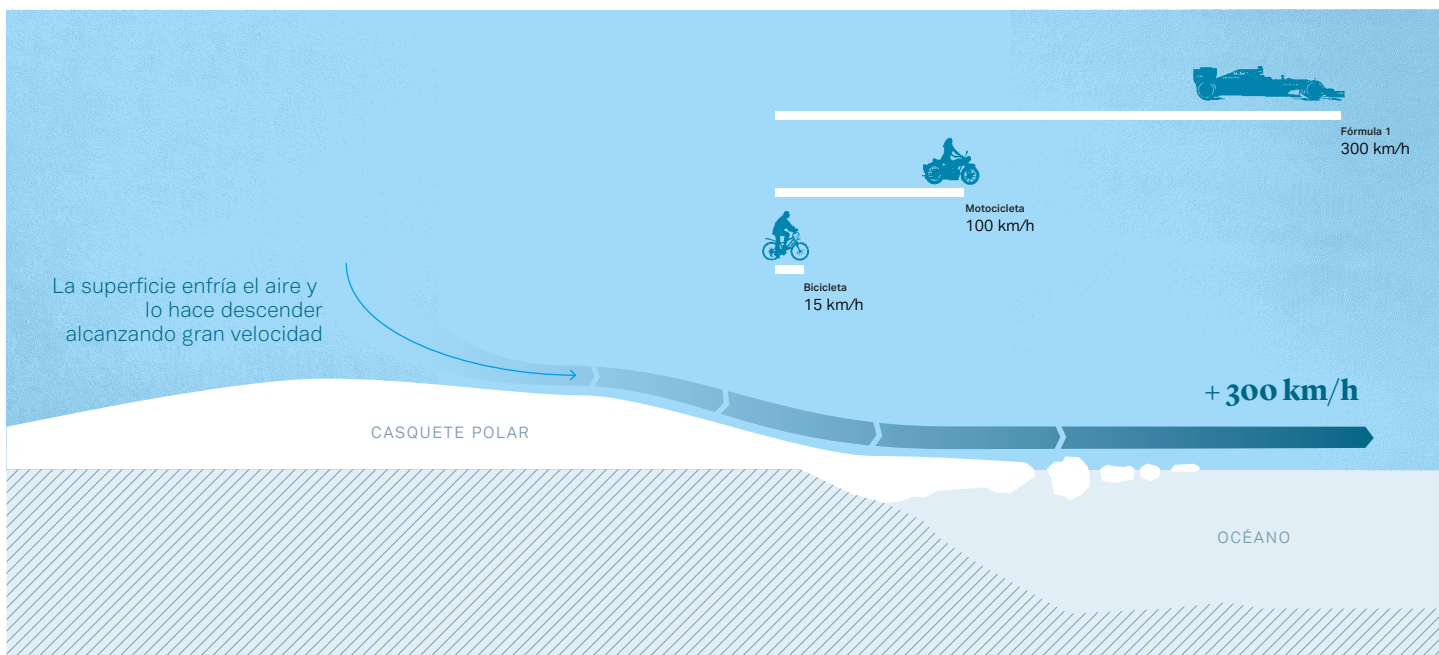
tación de la Tierra. Por otra parte, en las zonas donde se encuentran hondonadas, canales o glaciares, este viento toma la dirección de su eje, con lo que aumenta la velocidad al pasar por lugares estrechos.

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.



El diagrama muestra el movimiento de los vientos sobre el continente.

Los vientos en la Antártica son capaces de alcanzar velocidades de más de 320 kilómetros por hora.



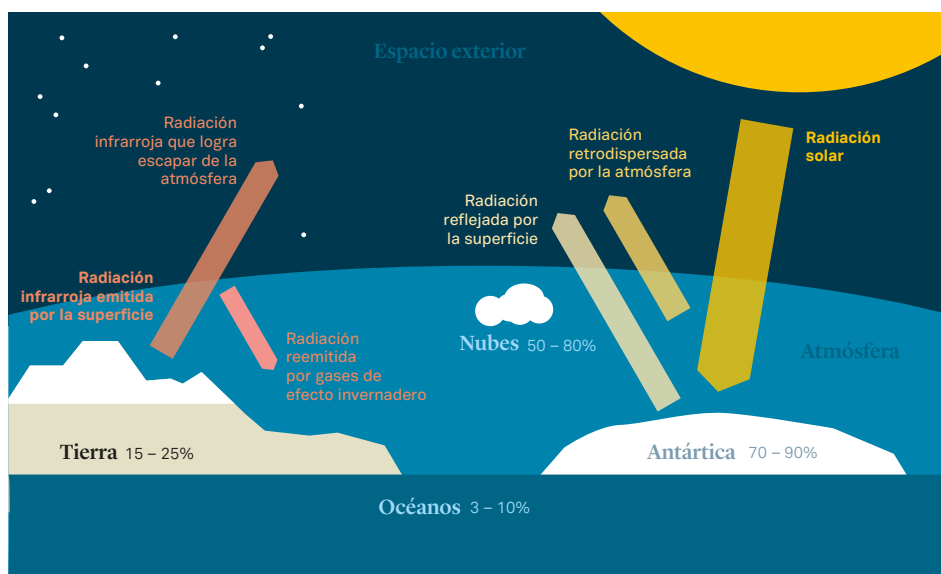
El espejo del mundo

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

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.



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



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

FOTO: PROY. CASA

¿Qué es el cambio climático?

El cambio climático es un cambio persistente y significativo en el clima planetario. A través de la historia de la Tierra, el clima ha cambiado en muchas ocasiones. El período Cuaternario, que contempla los últimos 2,6 millones de años, ha sufrido importantes cambios climáticos naturales, conocidos como glaciaciones.

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 glaciales con duración de aproximadamente 100.000 años y períodos cálidos o interglaciales, con duración de 100.00 a 20.000 años, en el último millón de años.

Estos ciclos glaciales 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

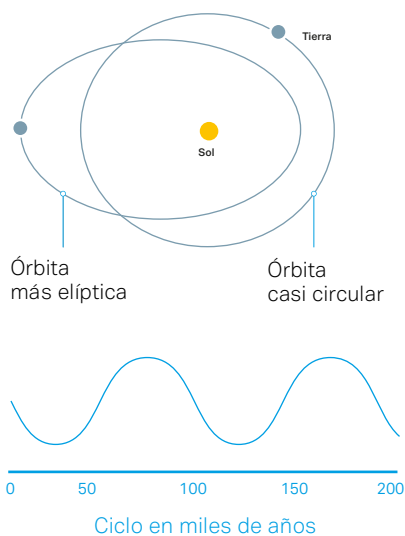
años, las actividades humanas como la quema de combustibles fósiles, principalmente, y la deforestación han tenido gran influencia en el clima terrestre, por lo que se han transformado en un agente de cambio de fuerza comparable a la de los procesos naturales. El Cuarto Informe de Evaluación del Panel 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

SABER MÁS

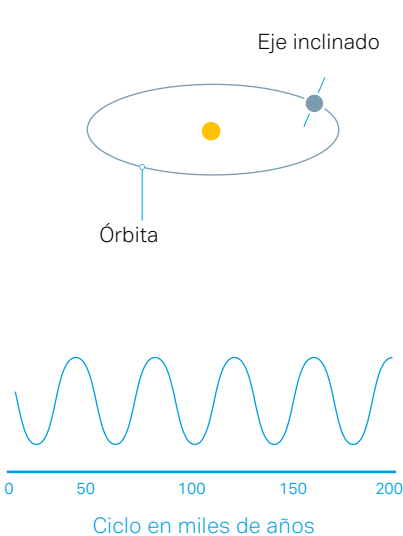
- Para más información sobre el cambio climático, puedes leer el informe del IPCC sobre esta temática: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/es/contents.html
- También puedes leer la guía Conocimiento climático, del Programa de Investigación de Cambio Global de Estados Unidos: http://cpo.noaa.gov/sites/cpo/Documents/pdf/Conocimiento_Clim%C3%A1tico_8.5x11.pdf <http://portal.mma.gob.cl/cambio-climatico/>
- Visita la División de Cambio Climático del Ministerio del Medio Ambiente de Chile, disponible en <http://portal.mma.gob.cl/cambio-climatico/>

Ciclo de Milankovich

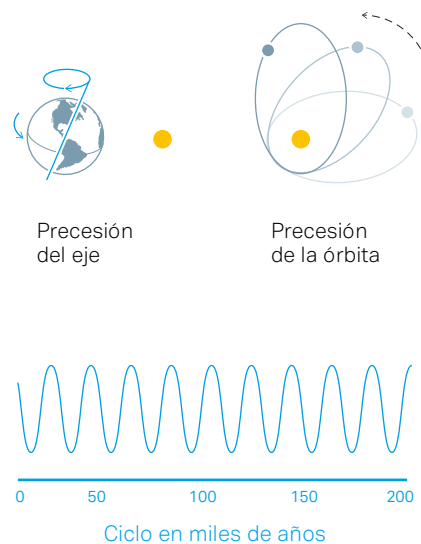
a. Excentricidad

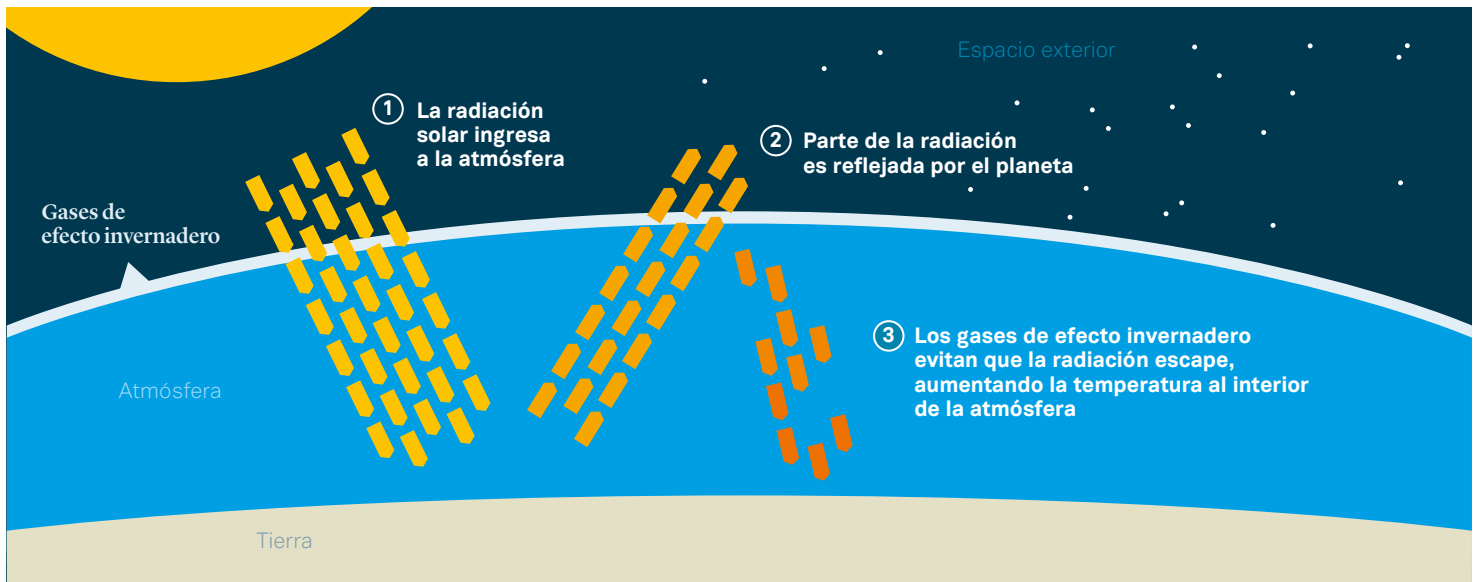


a. Oblicuidad



c. Precesión





El desafío del calentamiento global

El calentamiento global es el incremento observado en la temperatura promedio cerca de la superficie de la tierra y en la capa más baja de la atmósfera. Este fenómeno a menudo se refiere al calentamiento que ha ocurrido como resultado de las emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente dióxido de carbono, metano y óxido nítrico, provenientes de las actividades humanas. El calentamiento global es un tipo de cambio climático.

Desde 1880, la temperatura global del planeta ha aumentado alrededor $1\text{ }^{\circ}\text{C}$, con varios años a principios del siglo XXI catalogados como los más cálidos del registro histórico. Si consideramos que el aumento de $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ promedio de temperatura en un período interglaciar toma miles de años, la rapidez del calentamiento que vivimos actualmente no tiene precedentes e indica, por lo tanto, que las emisiones producidas por el hombre están desempeñando un rol fundamental en este incremento de la temperatura global.

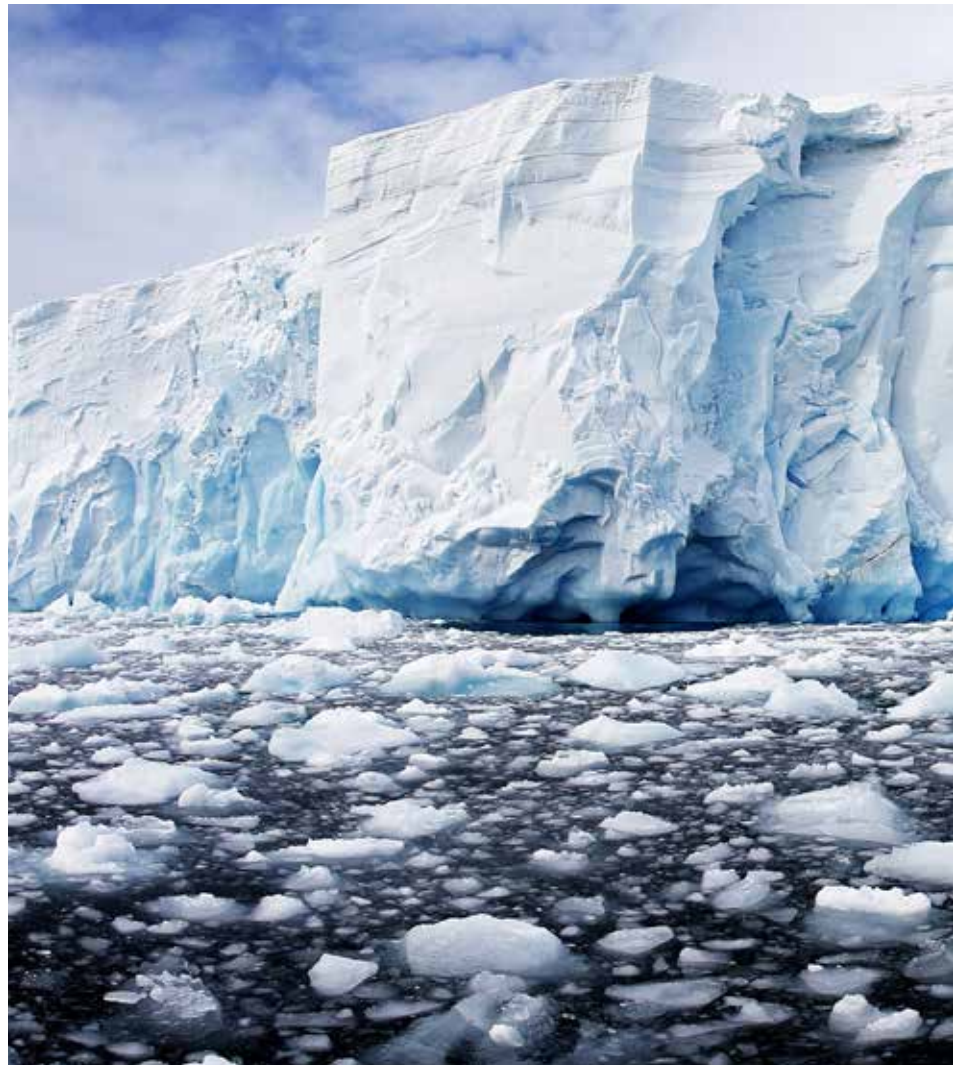


FOTO: F. TRUEBA / EFE

La Antártica se derrite

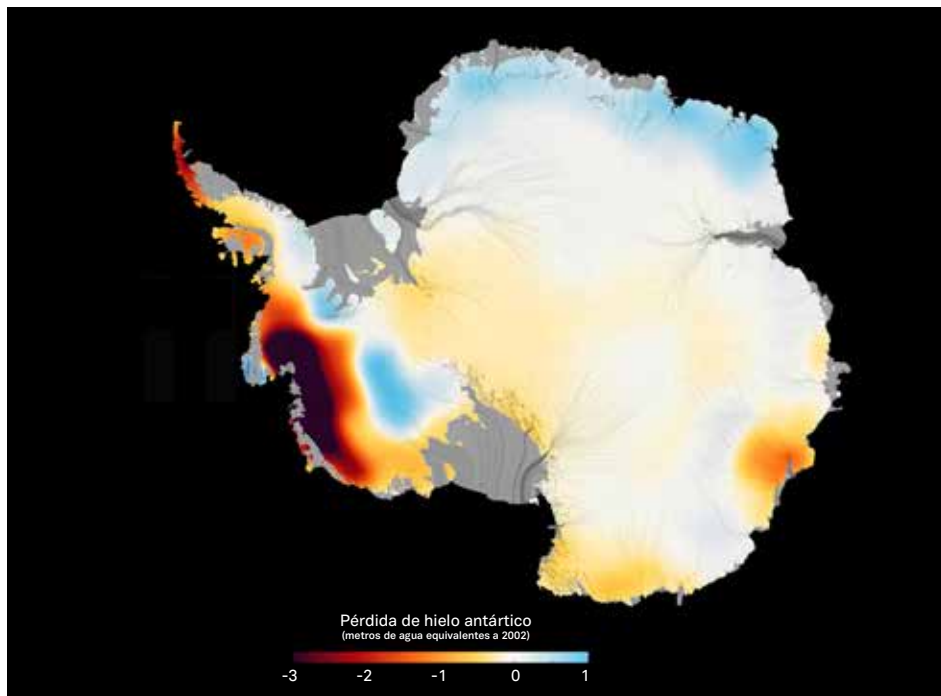
De acuerdo al quinto informe de evaluación del IPCC, el derretimiento del manto de hielo y de las plataformas de hielo flotantes en la Antártica se concentra en la zona norte de la península Antártica y la región del mar de Amundsen de la Antártica occidental.

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, que representa cerca del 61,7% del agua dulce del planeta. 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.

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 acelera-



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 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

ción 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 lí-

mite 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 m más elevados.

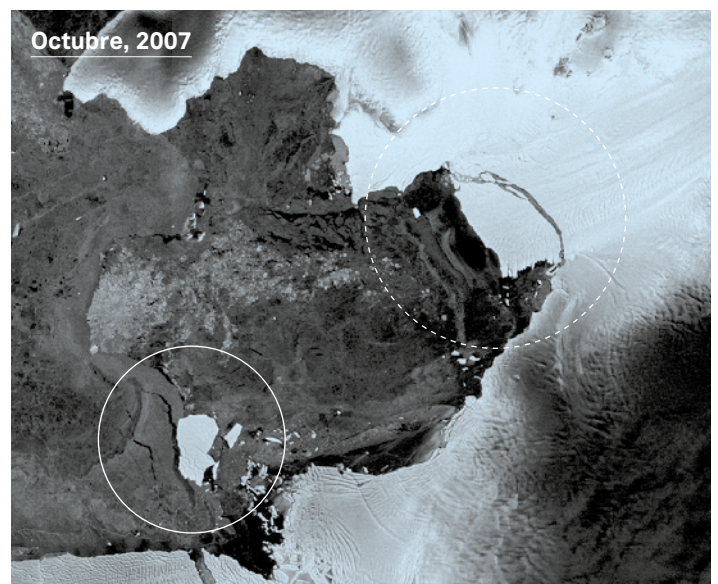
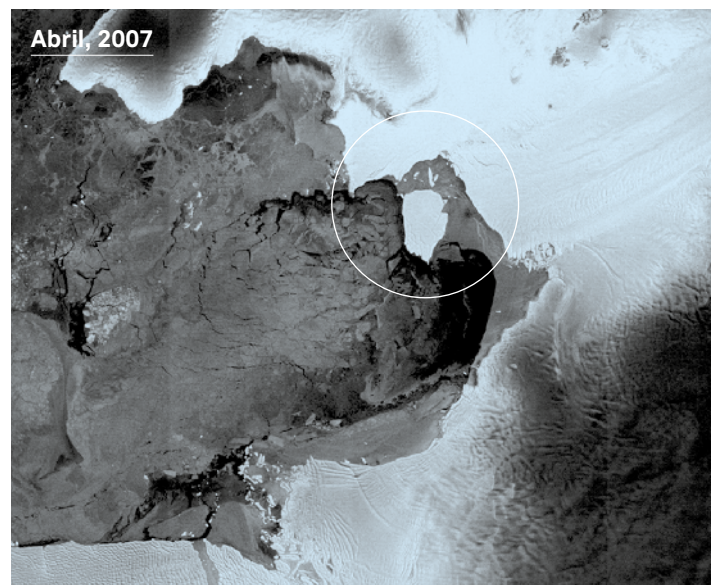
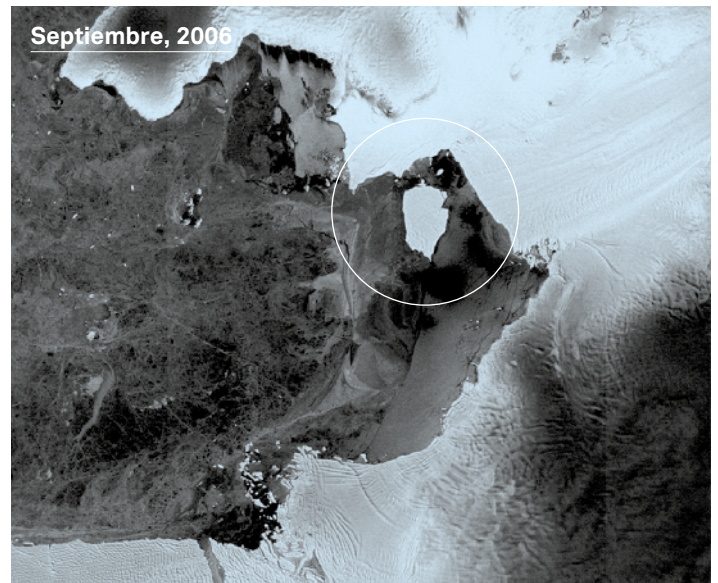
Imágenes del satélite Envisat muestran cómo se desprendió un gigantesco iceberg de 34 km de largo y 20 km de ancho en el glaciar de Pine Island, ubicado en el mar de Amundsen, Antártica occidental, en octubre de 2007, un proceso que continúa hasta hoy.

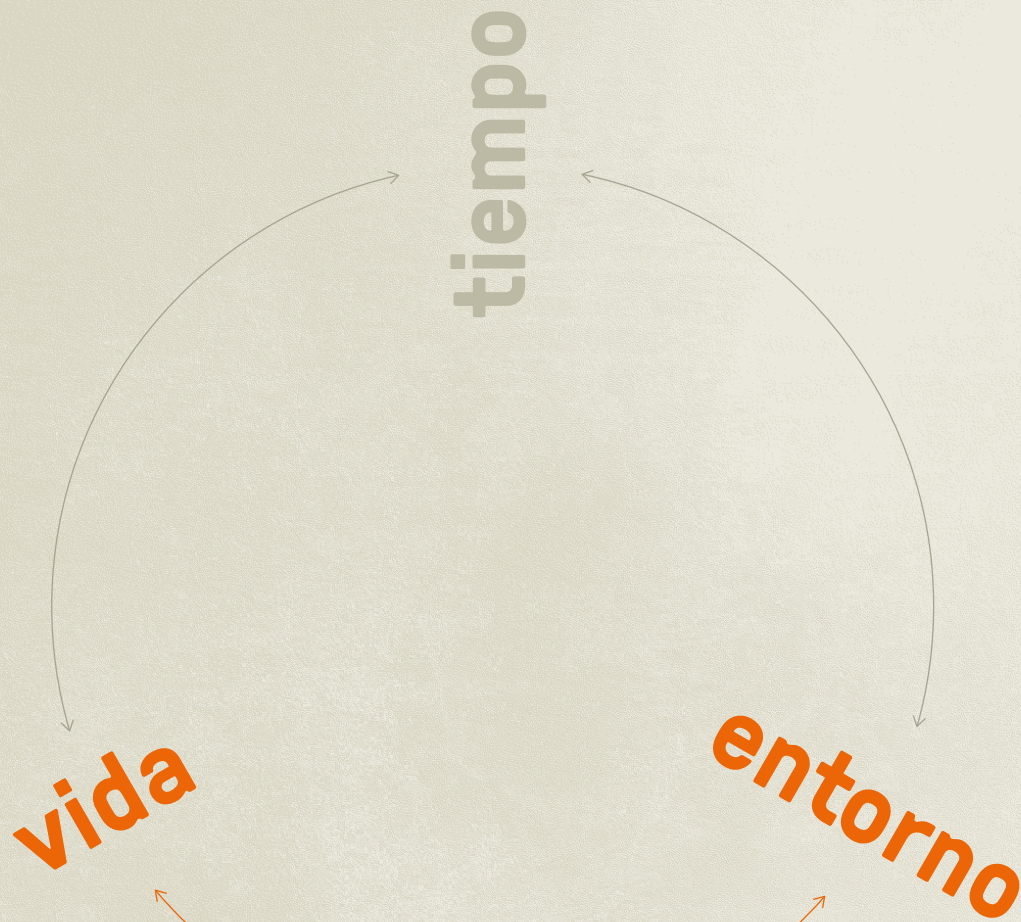
El equivalente aproximado a 3 m del nivel global del mar que corresponde al manto de hielo de la Antártica occidental está asentado sobre áreas con un fondo rocoso inclinado y podrían volverse inestables ante el aumento de temperaturas, con la consecuencia de un deshielo masivo.

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.

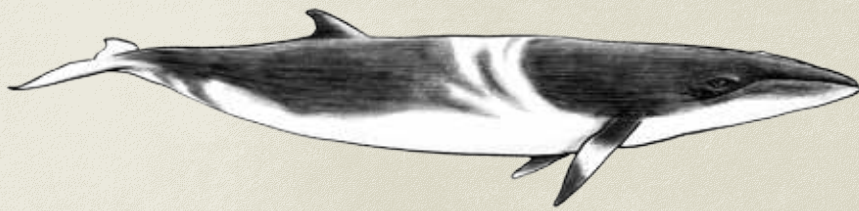
FUENTES: PANEL INTERGUBERNAMENTAL SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC), INFORME DE SÍNTESIS DEL QUINTO INFORME DE EVALUACIÓN (2014). [HTTP://WWW.IPCG.CH/PDF/ASSESSMENT-REPORT/ARS5/SYR/ARS5_SYR_FINAL_SPM_ES.PDF](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ars5/syr/ars5_syr_final_spm_es.pdf)
ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA 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: AGENCIA ESPACIAL EUROPEA (ESA)





- 38 Diversidad biológica
- 40 Adaptación de las especies al frío
- 42 Gigantismo y enanismo
- 43 Productividad en el océano Austral
- 44 Trama trófica. Comer y ser comido
- 46 La Antártica dominada por procariontes
- 47 La vida al límite
- 48 Bacterias y microorganismos
- 51 Parásitos
- 52 El kril, una pieza clave
- 54 Peces
- 56 Aves
- 60 Mamíferos
- 68 Líquenes, musgos, hongos y algas
- 70 Vida de las plantas superiores
- 74 Colonos inesperados en el continente



Vida y Entorno

La Antártica no es
un continente inhóspito

Gracias a las adaptaciones únicas desarrolladas por la evolución, la vida ha sido capaz de sobrevivir en las condiciones más extremas del mundo y aprovechar los recursos que ofrece.

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 periodos 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 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) anti-congelantes, 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.

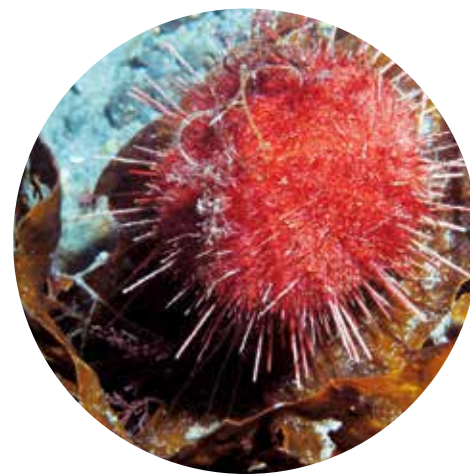
Por otro lado, adaptarse al frío no siempre significa hacer algo nuevo, sino que en muchas ocasiones implica perder un elemento normal en especies de temperaturas más cálidas. Por ejemplo, la gran cantidad de oxígeno presente en el océano Austral debido al poco calor de sus aguas hizo innecesario que 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

A close-up photograph of several Antarctic sponges, specifically Sphaerotylus antarcticus, growing on a rocky seabed. The sponges are yellowish-brown with dark, almost black, tips. They have a conical or cylindrical shape and are surrounded by fine, fibrous structures. The background is a textured, brownish-grey rock surface.

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.

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.

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.

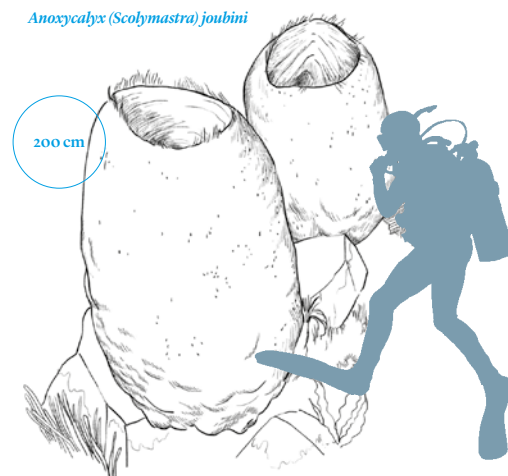
Ejemplos de enanismo

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.

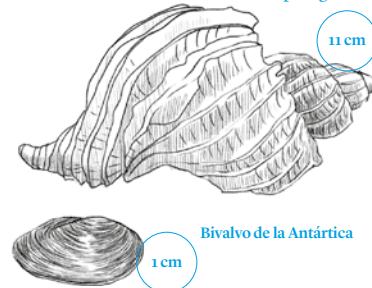
En contraposición, el *Trophon geversianus*, un gastrópodo que habita en el sur de Chile hasta el centro de Argentina, puede llegar hasta los 11 cm de altura.

Anoxycalyx (Scolymastra) joubini



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.

Trophon geversianus



Bivalvo de la Antártica

SABER MÁS

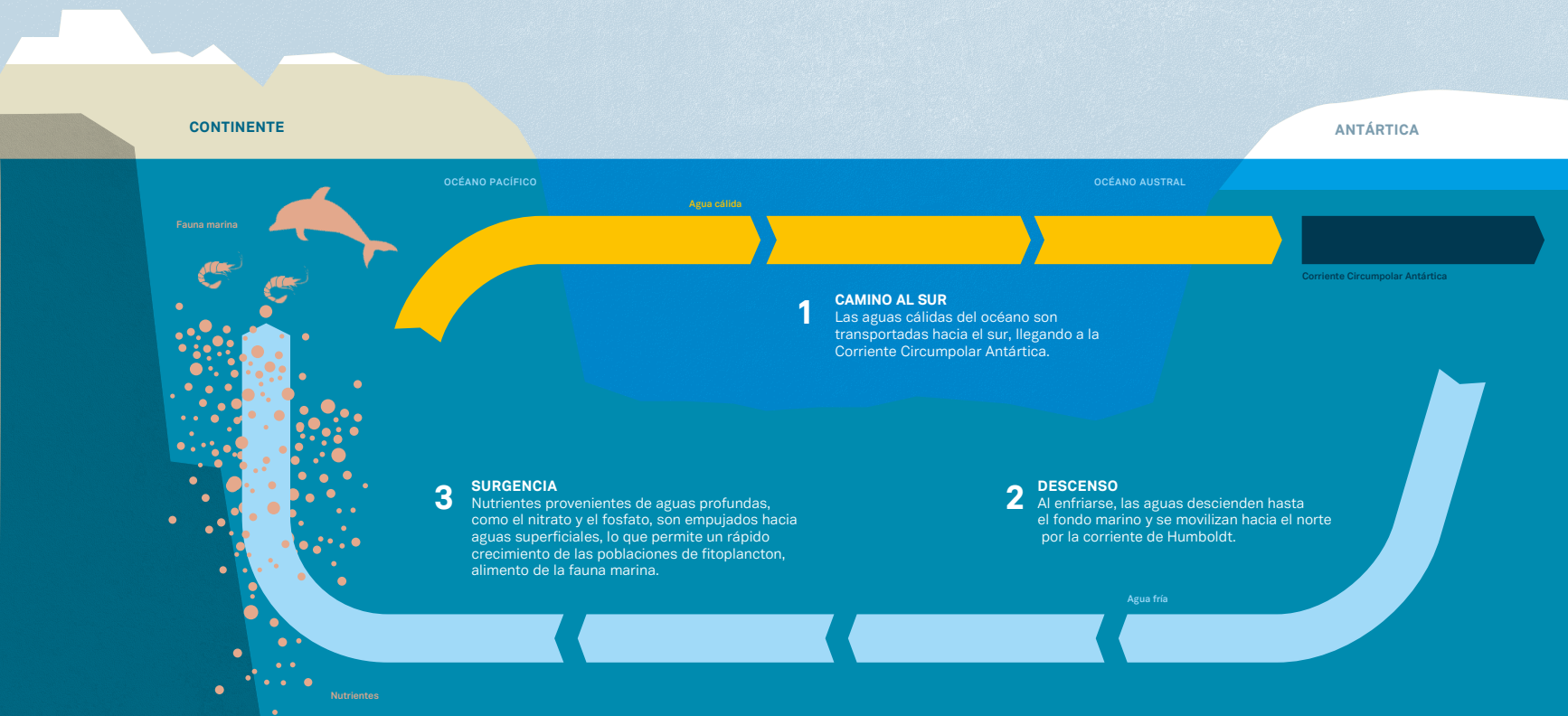
• BACH, vol. 31, nº 1, 2012.

Productividad en el océano Austral

A pesar de sus frías aguas entre $-1,8^{\circ}\text{C}$ y $-3,5^{\circ}\text{C}$, 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, contribuyan 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. 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 CO_2 atmosférico por parte del fitoplancton para realizar la fotosíntesis, siendo capaz de transformar este CO_2 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 adosada 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.

Comer y ser comido

El kril es la piedra angular de todo el ecosistema antártico: su rol en la trama es tan grande que los investigadores aún no lo conocen a fondo. Buena parte del ecosistema circumpolar se alimenta de estos crustáceos para sobrevivir, desde peces hasta ballenas, focas, pingüinos y otras aves.

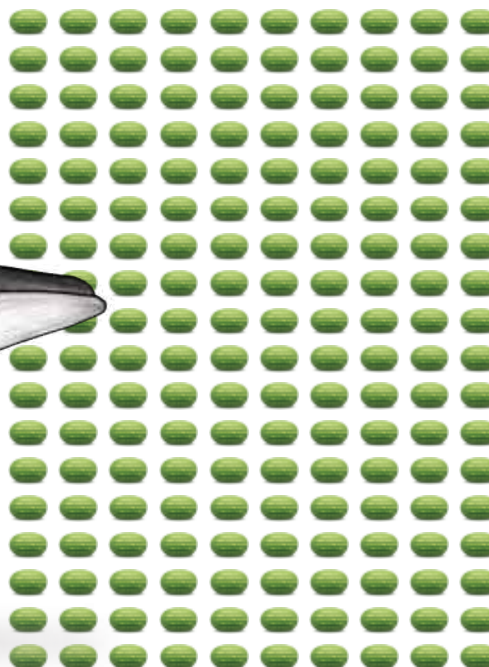
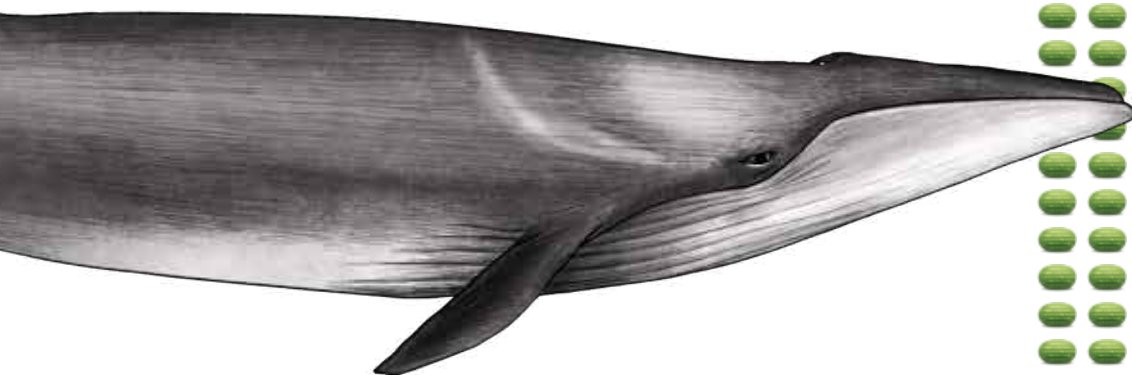
Debido a lo difícil que es la vida en el Continente Helado y la escasez de alimento de todo tipo, muchas especies antárticas se han adaptado para tener una alimentación generalista, con actitudes depredadoras, carroñeras y oportunistas. Por ello, no es difícil encontrar aves y mamíferos luchando por 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.

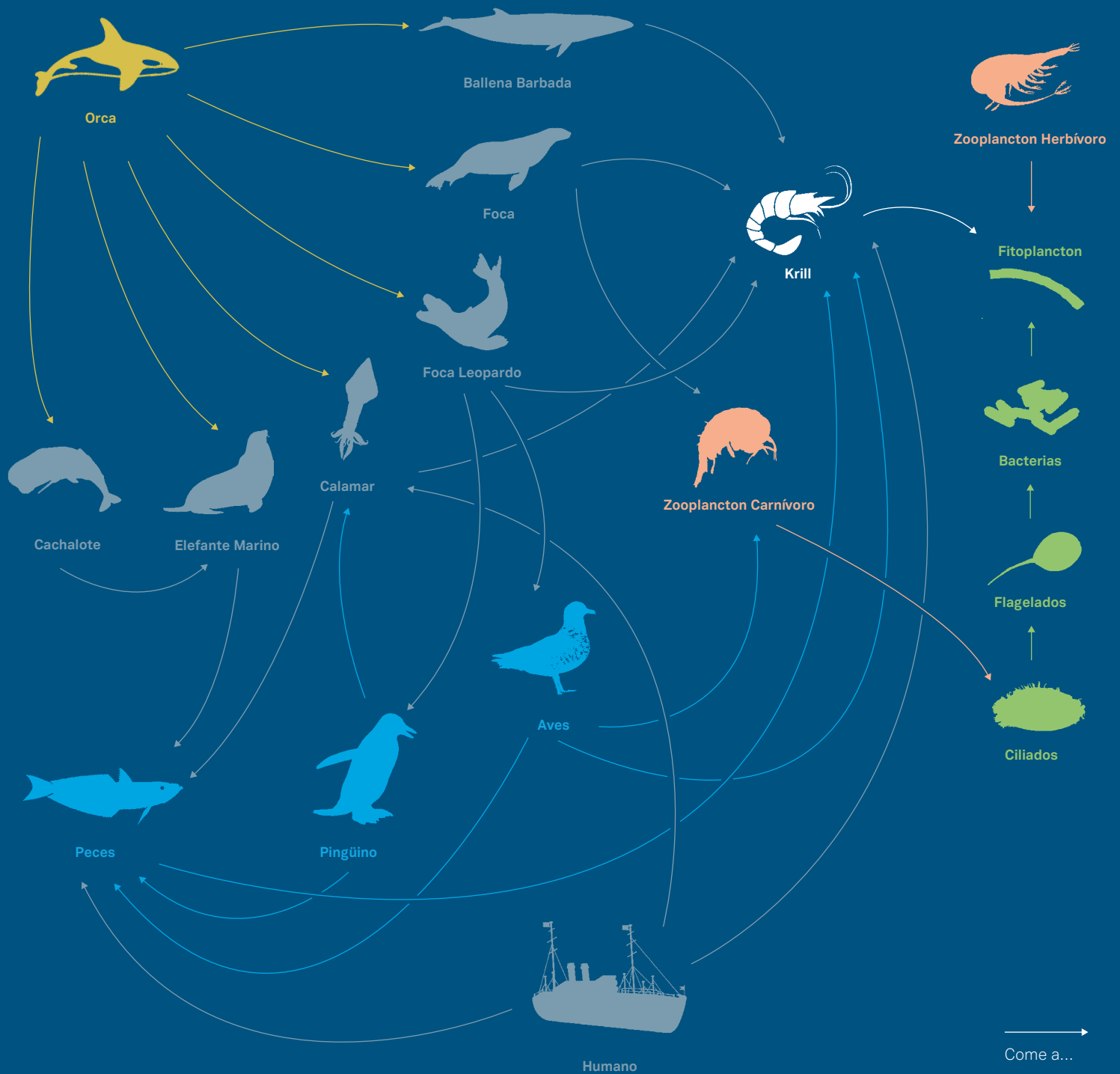


La foca leopardo está considerada como un depredador generalista, debido a que se alimenta de una variedad de presas tales como kril, calamares, peces, pingüinos y crías de otras especies.

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





El kril es la piedra angular de todo el ecosistema antártico: buena parte de su fauna se alimenta de estos crustáceos para sobrevivir.

La Antártica dominada por procariontes

Los microorganismos procariontes (correspondientes a los dominios *Arquea* y *Bacteria*) son los organismos vivos predominantes en la Tierra tanto en número como en biomasa.

Estos organismos aparecieron hace aproximadamente 3,500 millones de años y corresponden a los primeros habitantes del planeta. Aunque son estructuralmente simples (unicelulares), constituyen el grupo más diverso fisiológica, metabólica y funcionalmente (heterótrofos, autótrofos, quimiolitótrofos, quimioautótrofos, fermentadores, etc.). Por ejemplo, a diferencia de los animales que usamos oxígeno para respirar, los procariontes pueden usar distintos sustratos tales como nitrato, fumarato, sulfato entre otros.

Aunque invisibles al ojo humano, los procariontes son quienes controlan, dominan y gobiernan el planeta Tierra. Sin ellos la vida en la Tierra es inconcebible, ya que tienen un rol importante en los ciclos biogeoquímicos globales. Gracias a las nuevas tecnologías que nos permiten verlos y los avances de la biología molecular que nos permite saber qué hacen y quiénes son, ya no dependemos de cultivos para estudiar los procariontes, considerando que se ha cultivado <1% de las especies de procariontes.

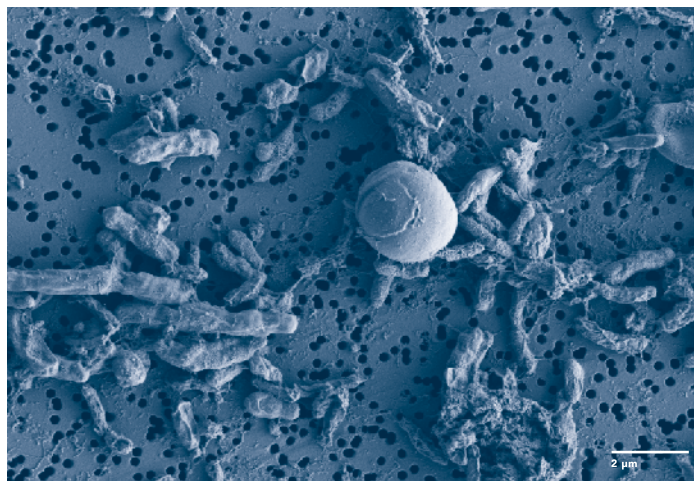
Debido a su diversidad metabólica y sus adaptaciones fisiológicas para vivir en ambientes extremos, los microorganismos han causado importantes cambios en la composición de la atmósfera, como, por ejemplo, la Gran Oxidación ocurrida aproximadamente hace 2.450 millones de años, que, entre otras consecuencias, derivó en la evolución de los organismos multicelulares.

Los procariontes están presentes en todos los ambientes antárticos: hielo marino, hielo glaciar, hielo de lagos, nieve, lagos congelados, lagos estacionales, pozas salinas, suelos cubiertos y descubiertos, rocas, volcanes, fumarolas, nubes y atmósfera, entre otros y sin olvidar su presencia como microbiota de plantas y animales. Es por eso que dominan Antártica, ningún otro grupo de organismos tiene esta presencia sobre el continente.



Aunque invisibles al ojo humano, con un tamaño promedio de 1 micrometro, los procariontes dominan la Antártica. En la imagen, procariontes de hielo antártico vistos a través de microscopía de epifluorescencia. Para observarlos el ADN de las células es teñido con una molécula que al asociarse al ADN fluoresce.

PROYECTO NSF (EE.UU.), JOHN PRISCU. IMAGEN: PAMELA SANTIBÁÑEZ



Células de procariontes encapsuladas en hielo antártico por 20.000 años. Imagen obtenida a través de microscopía de barrido electrónico.

PROYECTO NSF (EE.UU.), JOHN PRISCU. FOTO: PAMELA SANTIBÁÑEZ



Cultivo en placa de agar con colonias de bacterias asociadas a la raíz de *Deschampsia antarctica* (Arctowski), Islas Shetland del Sur, Antártica.

PROYECTO INACH, MILKO JORQUERA. FOTO: JACQUELINE ACUÑA

La vida al límite

Viviendo en el hielo

La nieve y el hielo son habitables por microorganismos cuando una fracción de este se mantiene en estado líquido. El agua permite que los procesos fisicoquímicos puedan ocurrir, lo que puede suceder a temperaturas mayores a -10°C en el hielo de agua dulce o hasta a -20°C en hielo marino. Los psicrófilos son microorganismos adaptados al frío; poseen lípidos y enzimas que mantienen su flexibilidad física bajo el punto de congelación, lo que les permite obtener nutrientes del ambiente y liberar productos. Otra importante adaptación incluye la producción de proteínas anticongelantes y sustancias poliméricas extracelulares (EPS), que les ayudan a bloquear la formación de cristales de hielo, que dañarían la célula.

Hielo marino

El hielo marino se forma y crece cuando la temperatura del mar es de -1.9°C . Es dinámico y rico biológicamente; posee una mayor cantidad de bacterias y microalgas que el hielo glaciar. La molécula de agua durante el proceso de congelación, rechaza las sales, solutos y células, y es así cómo se crean poros interconectados de agua en estado líquido con grandes cantidades de sales. Estos poros interconectados dentro del hielo marino permiten el movimiento de microorganismos entre distintos microhábitats. Cuando el hielo marino se derrite en verano, las algas y microorganismos que vivían en él, se hunden y sirven de alimento a la vida oceánica superficial y profunda.

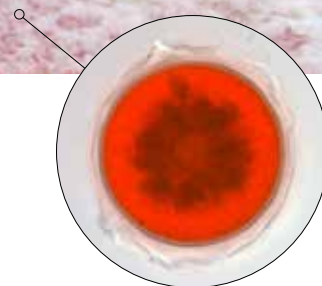
Hábitats Supraglaciares

Se producen en el primer metro de la superficie glaciar constituida por nieve, neviza y hielo, la que es colonizada por orga-



Nieve de sandía: la coloración es producto de la microalga *Chlamydomonas nivalis*, cerca de Base Yelcho, enero 2017.

FOTOS: ANDRÉS MARCOLETA. CÉLULA: EDITHA ELIAS.



nismos del aire a través de la depositación atmosférica. Los sedimentos presentes en la superficie reducen el albedo y derriten la superficie, por lo tanto, hay agua disponible y se generan centros de vida microbiana, siempre y cuando las temperaturas sean entre 0 y -10°C . Un ejemplo de estos hábitats es la «nieve de sandía», que lleva ese nombre debido a su coloración rojiza por la presencia y crecimiento de microalgas de nieve, observables durante el verano en las islas Shetlands del Sur principalmente.

Hábitats Subglaciares

Ubicados en la base del glaciar y cuentan con agua líquida como resultado del derretimiento causado por la presión del hielo sobre la tierra o debido al calor geotermal. Estos ecosistemas se mantienen principalmente por reacciones químicas (redox) como fuente de energías. Pueden mantener comunidades microbianas, incluyendo microorganismos aeróbicos, anaeróbicos (bacterias reductoras de sulfato y nitrato) y arqueas metanogénicas.

Las cataratas sangrantes

Hace millones de años, el glaciar Taylor se movió sobre una poza de agua salada atrapándola bajo 400 metros de hielo por más de un millón de años. Este medioambiente extremo encapsulado bajo el glaciar es hostil para la vida: es extremadamente frío (temperatura media -17°C), sin luz, casi sin oxígeno, con concentraciones de sal más altas que el océano, alto en sulfato y cloro, y rico en hierro reducido (Fe^{2+}). En 1960, el geólogo Robert Black descubrió que el color de las cataratas se debe a la oxidación de hierro, sin embargo, en ese tiempo no existía la forma de detectar organismos en las muestras de agua. El 2009 un grupo de científicos liderado por Jill Mickuki reportó que las aguas de la catarata tenían, al menos, 17 diferentes especies de bacterias.

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 psicrófilos, 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.

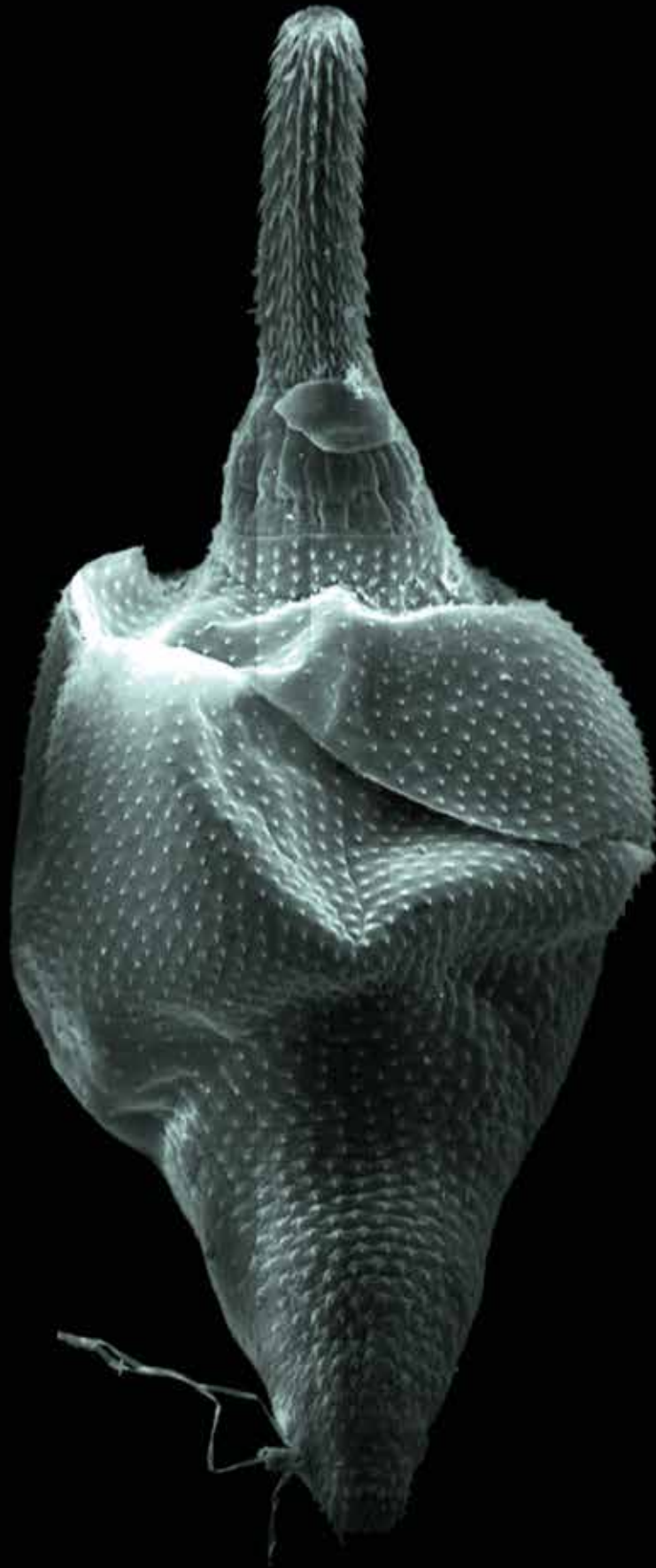
¿De qué se alimentan estas especies? Algunas investigaciones desarrolladas por científicos del Programa Nacional de Ciencia Antártica han identificado la importancia que tienen las deposiciones de animales marinos, que pueden influenciar las propiedades fisicoquímicas del suelo. En especial, depósitos 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.

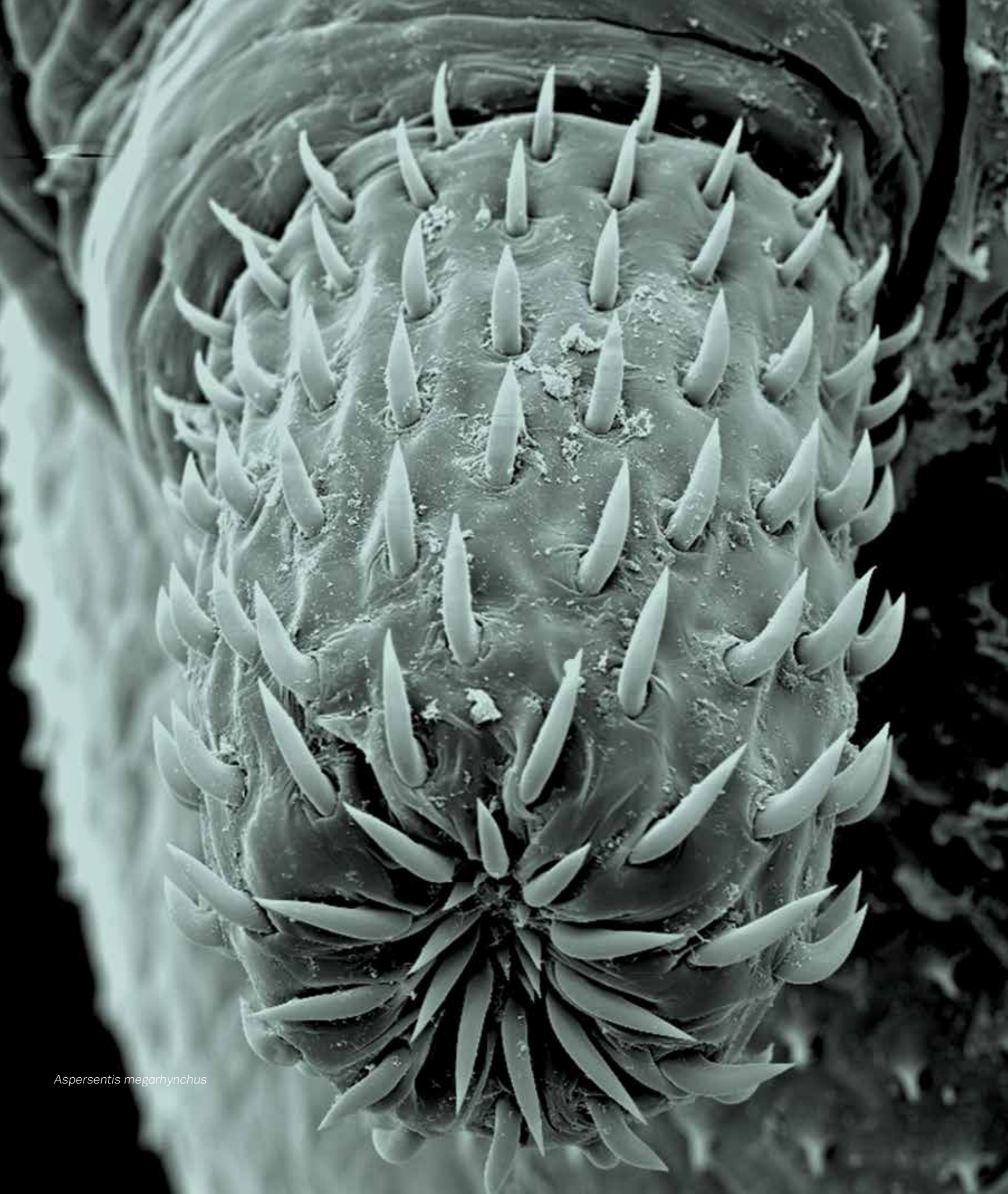
El océano, por su parte, es otro ambiente en el que los microorganismos pueden encontrar los recursos necesarios para su subsistencia. El papel de los organismos conocidos como diazotrofos marinos (bacterias y cianobacterias fijadoras de nitrógeno) es fundamental en las aguas heladas, ya que son capaces 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.

Actualmente, varias investigaciones financiadas por el INACH intentan 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.

Distintas investigaciones intentan descubrir cuáles son los microorganismos capaces de realizar fotosíntesis en verano y en invierno.



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.



El kril, una pieza clave

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.



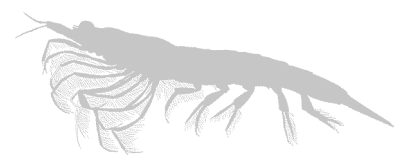
El kril es un pequeño crustáceo que podemos encontrar en gran parte de los océanos del mundo. Puede alcanzar un tamaño máximo de 7 cm y vivir entre siete y 11 años. En la actualidad existen cerca de 86 especies de kril en el mundo, siete de ellas presentes en el océano Austral.

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.

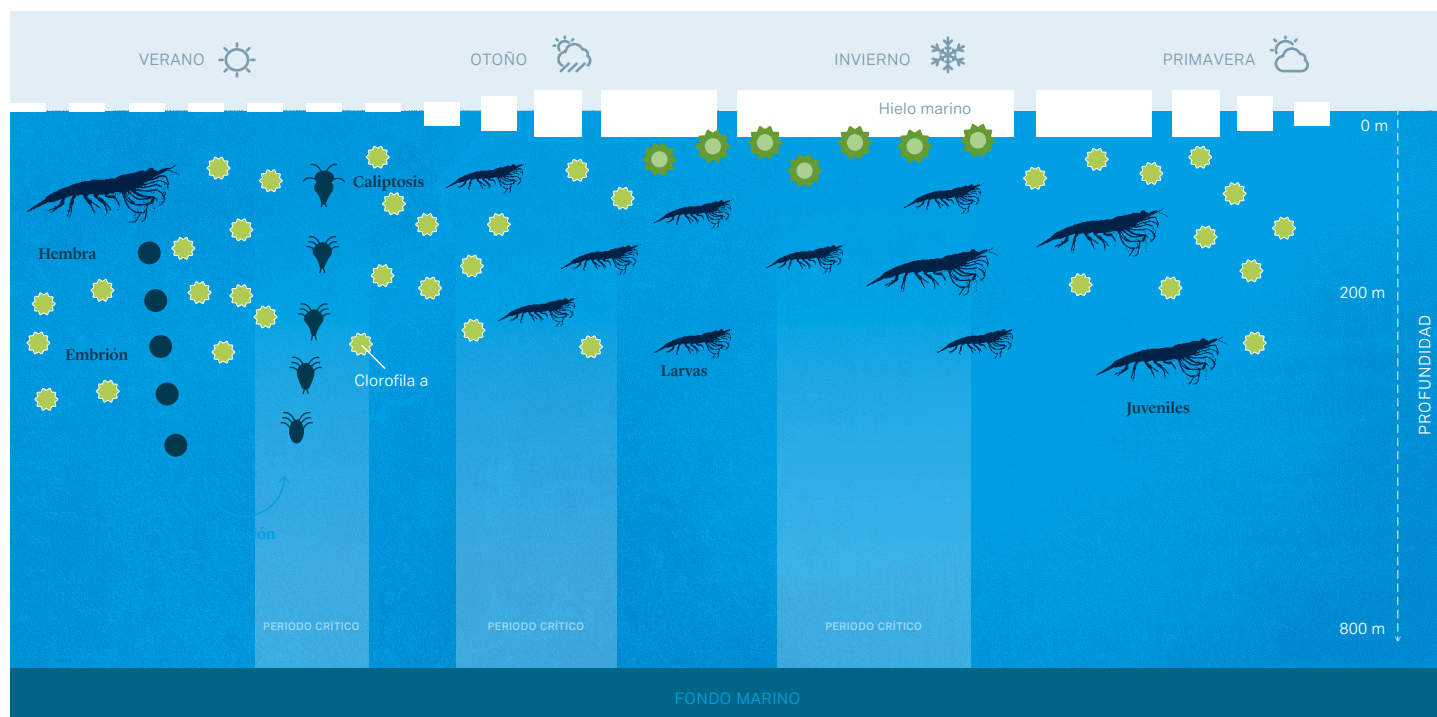
El kril presenta un ciclo de vida complejo, estrechamente relacionado al hielo marino. Cada hembra puede liberar has-

ta 10.000 huevos por vez —varias veces durante el verano—, que liberan en columnas de agua. 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.



Tamaño real



Ciclo de vida del kril, con sus diferentes estadios larvales, desde huevos hasta furcilia. 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.

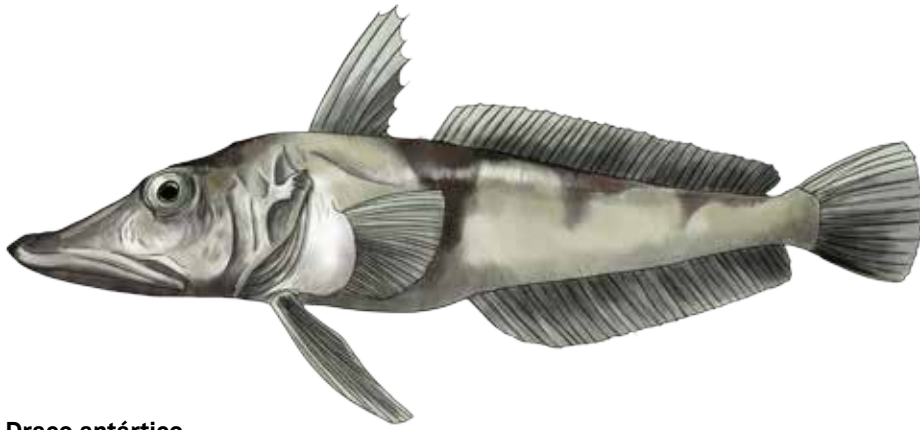
EXTRAÍDO DE: PIÑONES Y FEDOROV 2016 GRL.

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 los investigadores han 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.

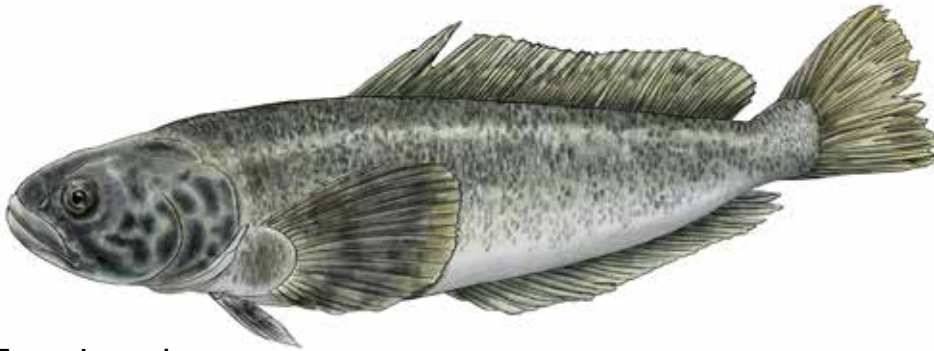
La familia de los nototénidos, a la que pertenecen el bacalao antártico y la trama jaspeada, entre otras, es la más abundante en las aguas que rodean la Antártica. Una de las adaptaciones que les ha permitido prosperar en las frías aguas es la alta presencia de proteínas anticongelantes en su sangre y tejidos, característica que también ha interesado a investigadores 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 uno de los peces más grandes en el territorio, pues mide unos 2 m de longitud y puede llegar a pesar más de 80 kg. Algunos ejemplares han sido capturados a más de 2.000 m de profundidad.

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.

PRESENCIA DE LAS ESPECIES EN EL TERRITORIO

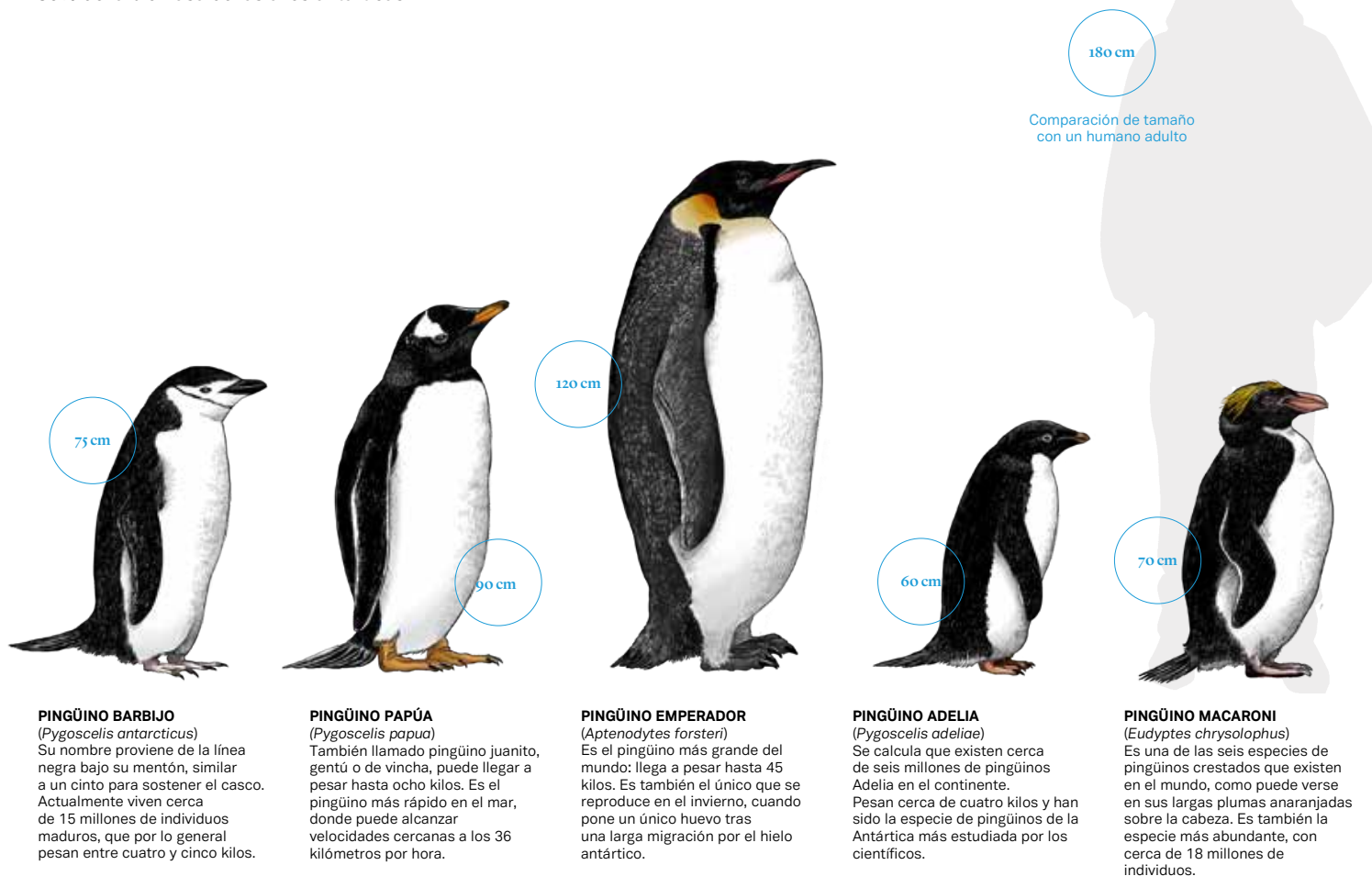
Hasta hoy han sido identificados más de 200 lugares con importante concentración de aves a lo largo del continente, especialmente alrededor de la península Antártica, aunque prácticamente todos se ubican cerca de la costa. El diagrama muestra áreas de anidación importantes.

Fuente: Birdlife International, Environmental Research & Assessment.



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.





Nidos de pingüinos en la Antártica.



Petrel

Cormorán



Paloma
antártica

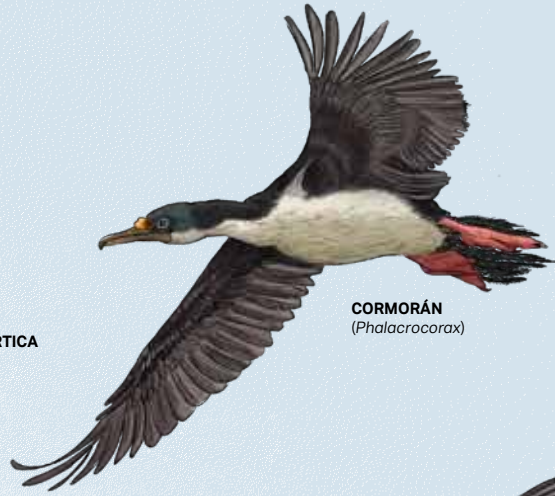




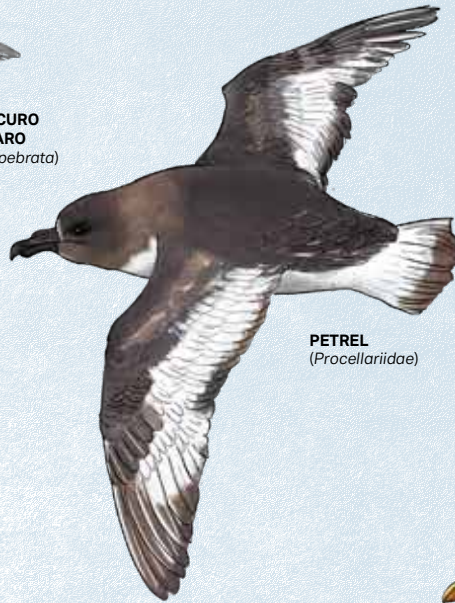
ALBATROS OSCURO DE MANTO CLARO
(*Phoebastria palpebrata*)



PALOMA ANTÁRTICA
(*Chionis albus*)



CORMORÁN
(*Phalacrocorax*)



PETREL
(*Procellariidae*)



GOLONDRINA DE MAR
(*Gygis alba*)



ESCÚA O SALTEADOR
(*Catharacta chilensis*)



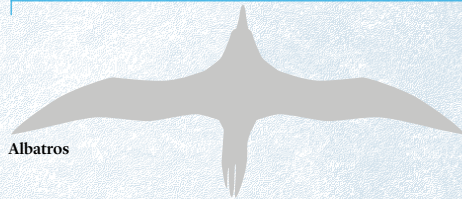
GAVIOTA COCINERA
(*Larus dominicanus*)

60 cm



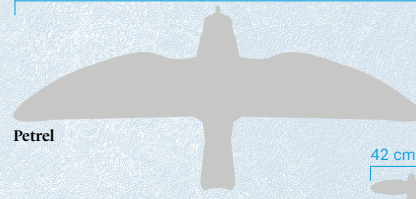
Humano

232 cm



Albatros

210 cm



Petrel

110 cm



Cormorán

140 cm



Escúa

42 cm



Golondrina

135 cm



Gaviota Cocinera

80 cm



Paloma 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 aprovechan las oportunidades que las difíciles condiciones geográficas ofrecen: cazan tanto en tierra como en el agua, a lo largo de todo el polo y las numerosas islas subantárticas. Cuatro especies de focas y dos especies de lobos marinos son endémicas del continente, aunque 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 reproductiva más importante de esta especie 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.



Lobo fino subantártico (*Arctophoca tropicalis*): Habita principalmente en las islas ubicadas al norte de la Convergencia Antártica, como Tristán da Cunha e isla Gough, y ocasionalmente en las islas vecinas Nightingale e Inaccessible, en el Atlántico sur, y Prince Edward, Crozet, Amsterdam, Saint Paul y Marion en el Índico sur. Su población se calcula actualmente en cerca de 350.000 ejemplares.

FOTO: NICOLAS SERVERA (OTARIE_SAN@YAHOO.FR), CC BY-SA 3.0, [HTTPS://COMMONS.WIKIMEDIA.ORG/W/INDEX.PHP?CURID=4138019](https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4138019)

Focas



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 registrado 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)



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.

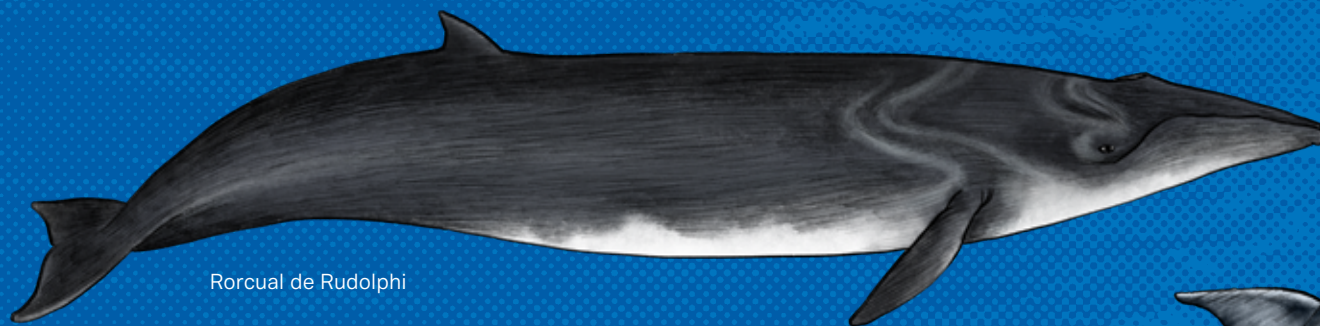


Foca de Weddell (*Leptonychotes weddellii*): Se calcula que en la actualidad hay cerca de un millón de individuos. La foca de Weddell ha tenido una larga historia con los humanos: durante parte del siglo XX sirvió de alimento de los perros de trineo de investigadores y exploradores, y también ha sido usado 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).

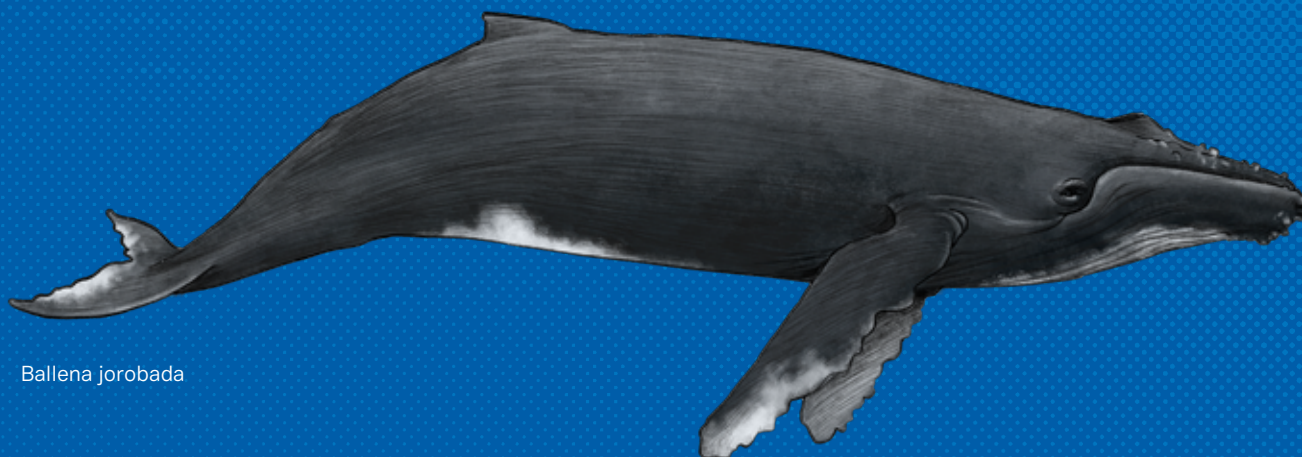
Ballenas



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

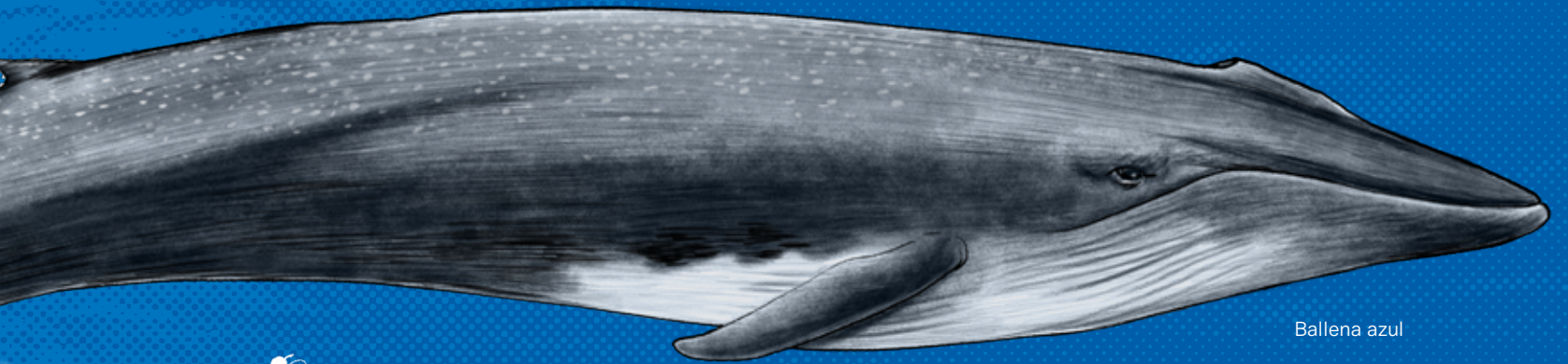
La ballena jorobada (*Megaptera novaengliae*) mide unos 16 m de longitud, su peso no sobrepasa las 40 toneladas y habita en aguas antárticas durante el verano. Sin embargo, es una especie cosmopolita, que se encuentra en todos los océanos, a excepción del Ártico.

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.

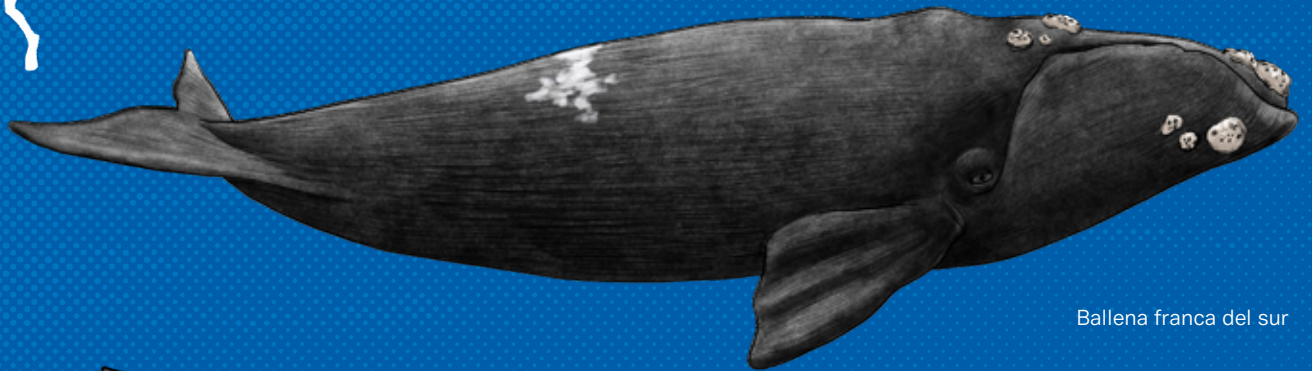
Ballena franca del sur

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

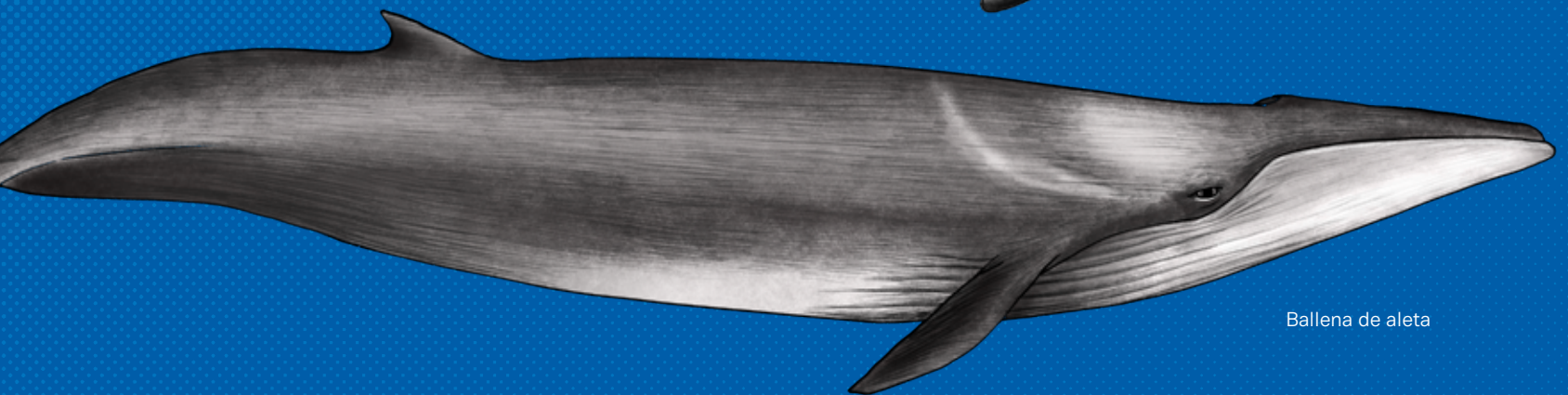
Existen dos poblaciones en aguas chilenas, la del océano Pacífico sur oriental, que se alimenta en aguas al oeste de la península Antártica, y la población del Atlántico sur occidental, que penetra en aguas del estrecho de Magallanes y se alimenta en aguas adyacentes a las islas Georgia del Sur. Su estado 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 del sur



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 mar de Drake y en la Antártica. Hoy es frecuente observarla en las regiones de Aysén y Magallanes, especialmente en aguas del estrecho, durante los meses de primavera y verano. Su estado de conservación es amenazado.

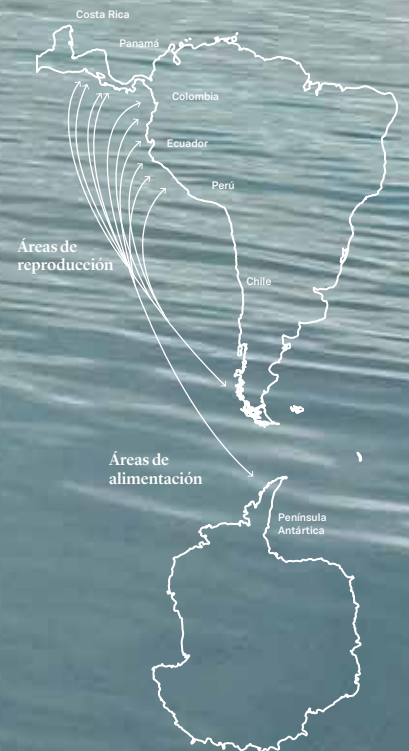
Ballena Minke antártica

La ballena Minke antártica (*Balaenoptera bonaerensis*) es una especie circumpolar, que ha sido registrada en Chile desde Mejillones hasta la Antártica, incluyendo las aguas de la isla de Pascua. 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 mil a 400 mil ejemplares. Esta es la especie que la Comisión Ballenera Internacional autoriza a cazar a los japoneses, con una pequeña cuota legal, merced a un permiso con fines científicos.



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

FOTO: JORDI PLANA



Orca

La orca (*Orcinus orca*) es un delfín gigante, cuya distribución es cosmopolita. Sus poblaciones se han agrupado en el hemisferio sur en cuatro ecotipos: A, B, C y D, 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.

FOTOS: 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.

Calderón negro (*Globicephala melas*)

Se encuentra en forma abundante en aguas chilenas, especialmente en las correspondientes a la corriente de Humboldt. Su distribución es cosmopolita en el hemisferio sur y están fuera de peligro de extinción, con una población estimada de unos 250.000.

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 suroccidental.

Delfín pío o tonina overa (*Cephalorhynchus commersonii*)

Se distribuye desde Chiloé hasta el estrecho de Drake, en aguas de la convergencia antártica. En las islas Kerguelen existe otra población, la cual aún no ha sido descrita ni nominada.

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 estrecho Drake, en la convergencia antártica. Es una especie rara en aguas chilenas y frecuente en aguas argentinas.



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 al sur de los 55 grados sur. Está fuera de peligro desde el punto de vista de su conservación, pues se estima entre 28.000 y 40.000 los machos existentes en aguas antárticas.

En las aguas subantárticas existe una interacción biológica y operacional entre la pesquería del bacalao de profundidad (*Dissostichus eleginoides*) y el cachalote, la cual da origen a un conflicto que ocasiona daños a los animales y pérdidas económicas a la industria.

Zifios

Zifio de Arnoux

(*Ziphiidae 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.

Cachalote (*Physeter macrocephalus*)

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)

Zifio de Cuvier

(*Ziphius cavirostris*)

Vive en aguas tropicales y templadas de todo el mundo. Algunos ejemplares incursionan buscando alimento en aguas subantárticas y antárticas. Es la especie de zífido más ampliamente distribuida. Se considera una especie amenazada, debido principalmente a los ejercicios navales que usan sonares militares, los cuales emiten ondas de baja frecuencia, pero de alta intensidad (LFAS), lo que les provoca varamientos.

Líquenes, musgos, hongos y algas

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 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.



Uno de los efectos inesperados 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.

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.

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.

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.

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 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, gracias a la capacidad que tiene un genotipo de producir un fenotipo diferente ante estímulos del ambiente.



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 los científicos 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 clavelito antártico serían 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 ellos.



78	Evolución en el pasado de la Antártica
82	Ecos de la Antártica verde
84	El paso perdido
85	El fin de la Antártica cálida
86	El ser humano en la Antártica
87	Primeros acercamientos
88	Tierra a la vista
89	La era de las exploraciones
90	Shackleton y la aventura del <i>Endurance</i>
91	Luis Pardo. El rescate en la <i>Yelcho</i>
94	La carrera hacia el fin del mundo
95	La exploración chilena del continente
96	Caza y explotación de los recursos antárticos
99	¿Cómo será el futuro del continente?
100	El Tratado Antártico
104	Ciencia y paz
106	Testigos de hielo y sedimento
110	Mirando al cosmos desde el sur
112	Tecnologías antárticas
116	Vivir en la Antártica
118	Bases para un mundo helado
120	Vestidos para sobrevivir
124	Los desechos y su manejo
126	Hacia el impacto cero
128	Chile antártico
134	El Inach. Asumiendo la vocación antártica de Chile
138	CAI. La nueva casa para la tribu antártica
140	80 preguntas para el futuro

tiempo

vida

entorno





Vida y Tiempo

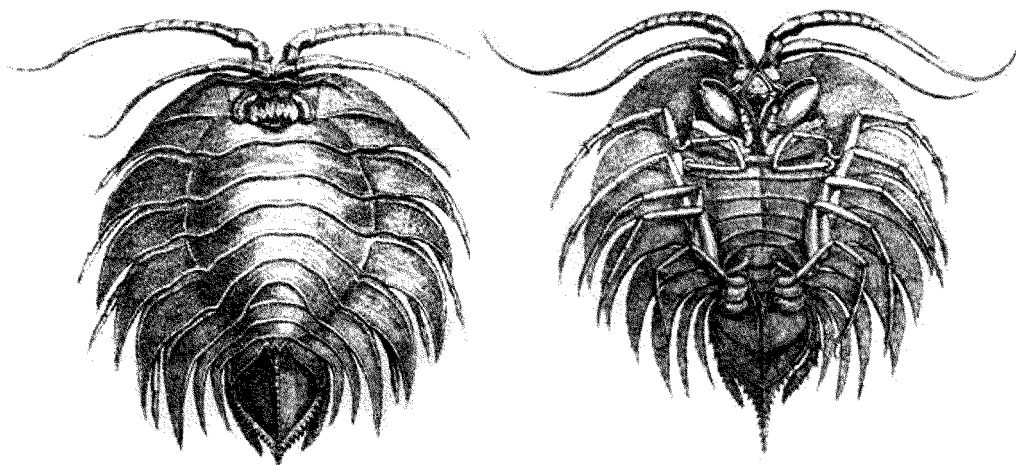
La Antártica no es
un continente desconocido

Gracias al esfuerzo de exploradores y científicos atraídos por su belleza y misterio, hemos empezado a develar los secretos del Continente Blanco y comprender la íntima trama que la vida ha urdido en el tiempo.

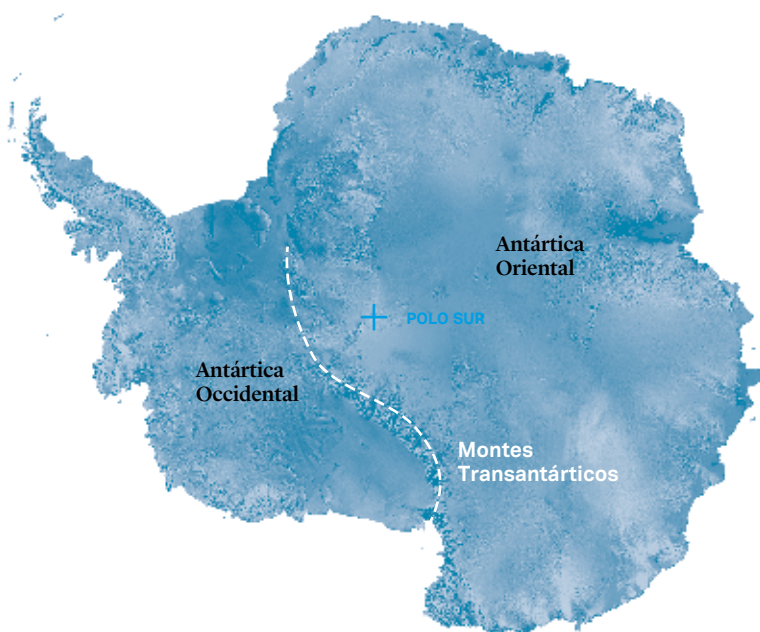
Evolución en el pasado de la Antártica

Hay un increíble registro fósil bajo el hielo de Antártica. Los márgenes deglaciados y montañas rocosas nos muestran que el Continente Blanco (que tuvo una posición central en el supercontinente Gondwana) contiene la clave para entender la evolución y la biogeografía de la mayoría de la biota de todos los continentes del hemisferio sur de hoy: América del sur, África, Australia y Nueva Zelanda, así como otras masas de tierra, ahora ubicadas en Asia mayor, como India, partes de China, el sudeste de Asia y el Medio Oriente. Mientras más atrás vamos en el tiempo, más similitudes encontramos en los fósiles de estas masas de tierra, que antes fueron parte de Gondwana.

La Antártica se encuentra constituida literalmente por dos áreas geológica y paleontológicamente diferentes. Por un lado, el antiquísimo cratón antártico oriental (de hasta 3000 millones de años de antigüedad), que ocupa el área que hemos denominado arbitrariamente «Antártica oriental» y, por otro lado, la «Antártica occidental», ocupando todas las tierras desde los montes Transantárticos hasta las Shetlands del Sur. La Antártica occidental contiene parte importante del Territorio Chileno Antártico y está constituido por rocas significativamente más jóvenes, desde los 600 millones de años a depósitos de unos miles de años.



Brongniartia trilobitoides, la especie de «trilobitoide» creada por Eights con isópodos de Antártica hoy asignados al género *Glyptonotus*.



Un rango tan amplio de edades y ambientes produjo numerosos depósitos sedimentarios con trazas de la vida del pasado antártico. Las primeras expediciones ya dieron cuenta de ello. En 1829 la South Sea Fur Company and Exploring Expedition, de Estados Unidos, alcanza las Shetlands del Sur y un naturalista de 32 años, James Eights, descubriría lo que, para los registros, sería el primer fósil descubierto en el Continente Blanco: un tronco carbonizado, probablemente del Eoceno de isla Rey Jorge. En otra menos afortunada comunicación científica, Eights afirma haber encontrado en las Shetlands del Sur especímenes vivos de trilobites, linaje de artrópodos extintos hace 250 Ma y que hoy sabemos son isópodos gigantes.

Sin embargo, en los montes Transantárticos se han hallado fósiles de la época de los trilobites. Durante la expedición de 1907-1909, el famoso explorador Ernest Shackleton descubre una serie de fósiles de edades que alcanzaban el Cámbrico. De hecho, los montes Transantárticos son ricos en evidencias de vida de los períodos Cámbrico, Ordovícico, Silúrico, Devónico y Pérmico, en un rango que va de los 541 a 251 Ma. En un comienzo, la vida marina del Cámbrico que incluye primitivos corales y trilobites, da paso a depósitos marinos cálidos con huellas de artrópodos durante el Ordovícico. Ya en el Silúrico y Devónico (443-358 Ma) se registran en los océanos una gran radiación de invertebrados y peces, como lo atestiguan los fósiles en los montes Ellsworth, muy cerca de la Estación Polar Científica Conjunta Glaciar Unión (Chile). En el Devónico, la Antártica estaba cubierta en bosques primarios de equisetales, lycofitas y helechos, mientras en el mar existió una gran diversidad de peces, como se ha hallado en rocas del monte Gudmundson, en la Antártica oriental. En cambio, hay muy pocos fósiles de animales antár-



Afloramientos ricos en flora fósil del Cretácico inferior de isla Snow en las Shetlands del Sur. Expedición paleontológica realizada en 2010.

FOTO: M. LEPPE



Los fósiles del Cretácico inferior de las Shetlands del Sur, de extraordinaria preservación, se encuentran dominados por helechos y coníferas, algunas de linajes extintos como las Bennetitales.



Imagen de *Kaikaifilu hervei*, cuyo cráneo fue hallado por una expedición chilena en la isla Seymour (Marambio) el 2011.

ILUSTRACIÓN: R. OTERO

ticos del Carbonífero y Pérmico, hecho que contrasta con el abundante registro paleobotánico, dominado por el género de plantas periglaciales *Glossopteris*, dominio que concluye con la mayor extinción masiva de la historia natural hace 252 Ma y el puntapié inicial de la «era de los dinosaurios» o Mesozoico.

Los supervivientes de la extinción masiva del Pérmico-Triásico, encontraron poca competencia en la tierra y en el mar. Durante el Triásico antártico surgieron los primeros dinosaurios, sinápsidos mamíferoides y bosques dominados por coníferas, cícadas y ginkgos, pero especialmente por nuevas formas de helechos con semillas del género *Dicroidium*. Formas increíbles de vertebrados, como *Lystrosaurus*, *Thrinaxodon* y *Prolacerta* de la Formación Fremouw, fueron encontrados en los montes Transantárticos. Una nueva extinción masiva puso fin al Triásico y permitió a nuevos linajes de plantas y animales penetrar en la Antártica, muchas de las cuales evolucionaron en formas únicas del continente. Tal es el caso del más emblemático dinosaurio de Antártica: *Cryolophosaurus ellioti*, conocido popularmente como Elvisaurio, por su cresta

similar al jopo del rey del rock. Fue hallado en el monte Kirkpatrick en 1990 por el geólogo norteamericano David Elliot en rocas de edad jurásica, en asociación con restos de otros animales como pterosaurios y terápsidos. En 2003, otro notable dinosaurio fue descubierto también en monte Kirkpatrick: *Glacialisaurus hammeri*, nombrado en honor a su descubridor Bill Hammer. Durante el Jurásico también encontramos una de las más ricas floras de helechos al norte de la península Antártica en el sector de bahía Esperanza o Hope Bay y un poco más al sur, por la costa oriental, recientemente un equipo de paleontólogos argentinos encontró restos de un plesiosaurio. Sin embargo, el último periodo de la era de los dinosaurios, el Cretácico, ha sido el más prolífico en cuanto a la abundancia y diversidad de fósiles. El Cretácico inferior se encuentra muy bien representado en las islas Alexander, Snow y Livingston, donde una muy rica flora refleja las condiciones cálidas que imperaron a comienzos del periodo.

El Cretácico superior antártico muestra una amplia diversidad representada, principalmente, en rocas ubicadas al norte de la península Antártica, tanto



Los estratos de cerro Fósil, isla Rey Jorge, son mundialmente conocidos por su excelente preservación que han permitido preservar estructuras tan delicadas como plumas.

FOTO: M. LEPPE

en la cuenca de James Ross (islas James Ross, Vega y Seymour o Marambio), como en las Shetlands del Sur (islas Livingston, Robert, Nelson y Rey Jorge). Entre bosques y marismas de plantas con flores, coníferas y helechos se desplazaban dinosaurios y mamíferos, mientras en el mar reinaban los reptiles marinos e invertebrados como amonites y bivalvos, entre muchos otros. Los ambientes del fin del Cretácico antártico ya anticipan las formas modernas de plantas y animales que van a poblar los continentes que aún continúan ligados a Antártica: Australia, Nueva Zelanda y Sudamérica. Es durante este tiempo en que los registros más antiguos de *Nothofagus* aparecen en la isla Nelson y los marsupiales colonizan Oceanía desde

Sudamérica, en una épica migración a través de la Antártica. Del mismo modo, junto con los dinosaurios no-avianos, como *Antarctopelta*, *Morrosaurus*, *Trinisaura*, a los cuales se suman hadrosaurios y titanosaurios, en una clara remembranza de la conexión que debió ocurrir con Patagonia. Las aves también se encuentran representadas por espectaculares hallazgos en la cuenca de James Ross. Reptiles marinos como mosasaurios y plesiosaurios, entre los cuales destaca el hallazgo de una expedición paleontológica chilena en 2011, de un cráneo de mosasáurido en la isla Seymour (Marambio). El espécimen fue bautizado *Kaikaiiflu hervei* en honor al reptil mitológico mapuche y al destacado geólogo chileno Francisco Hervé.

Pero un nuevo giro del destino puso fin a la era de los dinosaurios hace 66 Ma, cuando una nueva extinción masiva ponía en jaque a la vida antártica. Durante el Paleógeno (66-23 Ma) el mundo transitó desde un ambiente hiperinvernadero hacia la abrupta caída de las temperaturas, muy probablemente provocada por la separación final de Sudamérica y Antártica y la subsecuente formación de la Corriente Circumpolar Antártica (CCA). Ambas masas de tierra mantenían todavía intermitentes puentes terrestres, atestiguados por el intercambio florístico y faunístico refrendado en el registro fósil, como los elementos de la selva valdiviana, como por icónicos animales como ungulados *Litopterna* y *Astrapotheria*. En cerro Fósil, isla Rey Jorge, numerosas huellas de aves y hojas se preservaron en las orillas de lagunas costeras, mientras en el área del frente de retroceso glaciar del domo Bellingshausen, gran cantidad de troncos fosilizados atestiguaban el frondoso pasado de Antártica durante el Eoceno.

Durante el Paleógeno radian también pingüinos y cetáceos, quedando sus fósiles principalmente concentrados en la cuenca de James Ross.

Ecós de la Antártica verde

Desde hace 250 y hasta 23 millones de años atrás, 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 berteroa*, en isla 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 las islas cercanas existieron especies vegetales exclusivas, similares a

las que podemos encontrar actualmente en zonas tan alejadas como la Patagonia, Nueva Caledonia, Australia y Nueva Zelanda. Varias de las especies de árboles emparentadas hoy con araucarias, araucanias, 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

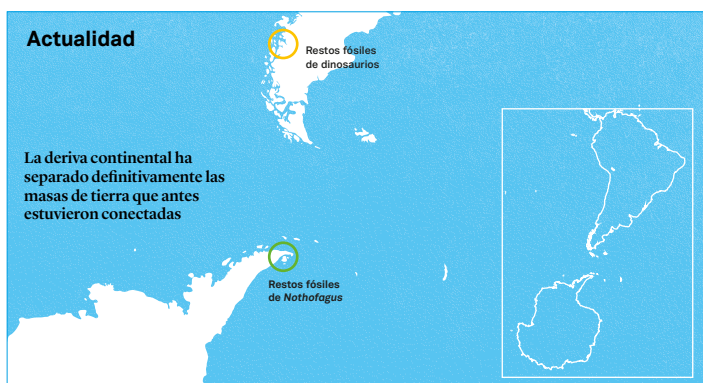
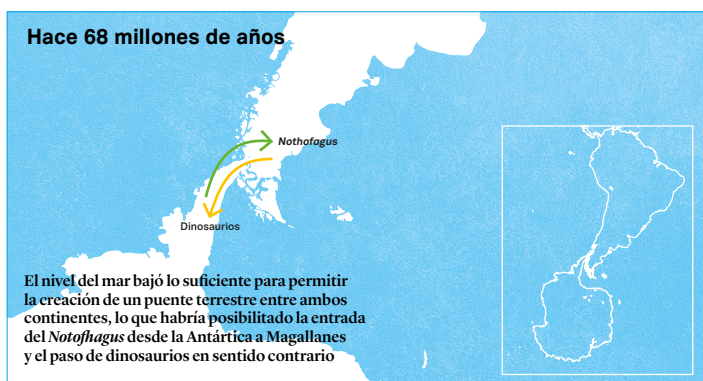
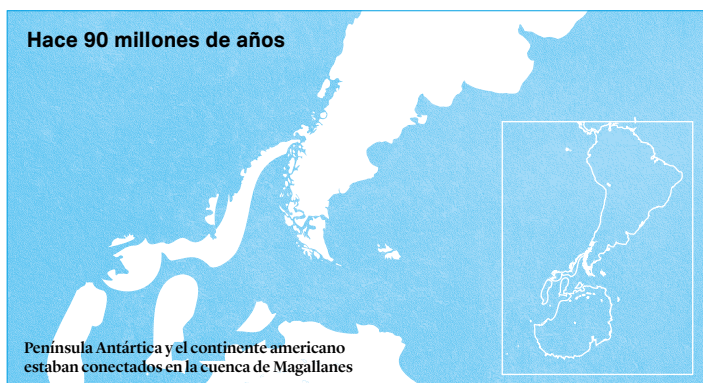
incapaces de soportar tanto tiempo sin realizar fotosíntesis, lo cual deja planteado el enigma de cómo sobrevivían durante la larga oscuridad.

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, pero quizás la respuesta se encuentra oculta en su ADN.



El paso perdido

El reciente descubrimiento de un *bone bed* de dinosaurios (gran concentración de huesos en un nivel) en el complejo fosilífero de cerro Guido-Las Chinas, al norte de la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, dan nuevas pistas sobre la antigua relación entre la Antártica y Sudamérica.



Huesos de hadrosaurio (dinosaurios pico de pato) hallados en un *bone bed* de 69 millones de años en el valle de Las Chinas, norte de la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena. Huesos de estos mismos dinosaurios han sido encontrados en estratos coetáneos de islas Vega y James Ross, Antártica.

FOTO: S. SOTO.

Entre las especies halladas se encuentran los enormes titanosaurios, raptors, hadrosaurios, reptiles marinos, mamíferos, troncos fósiles, flores e improntas de hojas de *Nothofagus* (las más antiguas de Sudamérica), entre otras 40 especies de plantas, con una antigüedad de entre 78 y 67 millones de años.

Este descubrimiento ha planteado una interrogante paleontológica clave: durante décadas, la teoría dominante sobre la conexión en la región planteaba que el único contacto entre ambas zonas ocurrió debido a la deriva continental o movimiento de placas tectónicas. Sin embargo, la evidencia recolectada muestra que hace 73, 70 y 68 millones de años, el nivel del mar bajó lo suficiente para conectarlas y permitir el paso de especies animales y vegetales.

Quizá la evidencia más contundente de esta conexión es la presencia de hojas fosilizadas de *Nothofagus* tanto en la Antártica como en Sudamérica. Una característica clave de estas especies es que sus semillas son intolerantes al agua salada de mar y que el viento no las dispersa sobre largas distancias. Por lo tanto, su presencia en ambos lados del océano es señal de que en algún momento ambas tierras estuvieron conectadas por el paso Drake, el estrecho que hoy separa los dos continentes.





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 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.

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.

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 proveyendo 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 glaciar Beardmore y los fósiles corresponden a una tundra con árboles de *Nothofagus* achaparrados, herbáceas como *Ranunculus*, turberas de

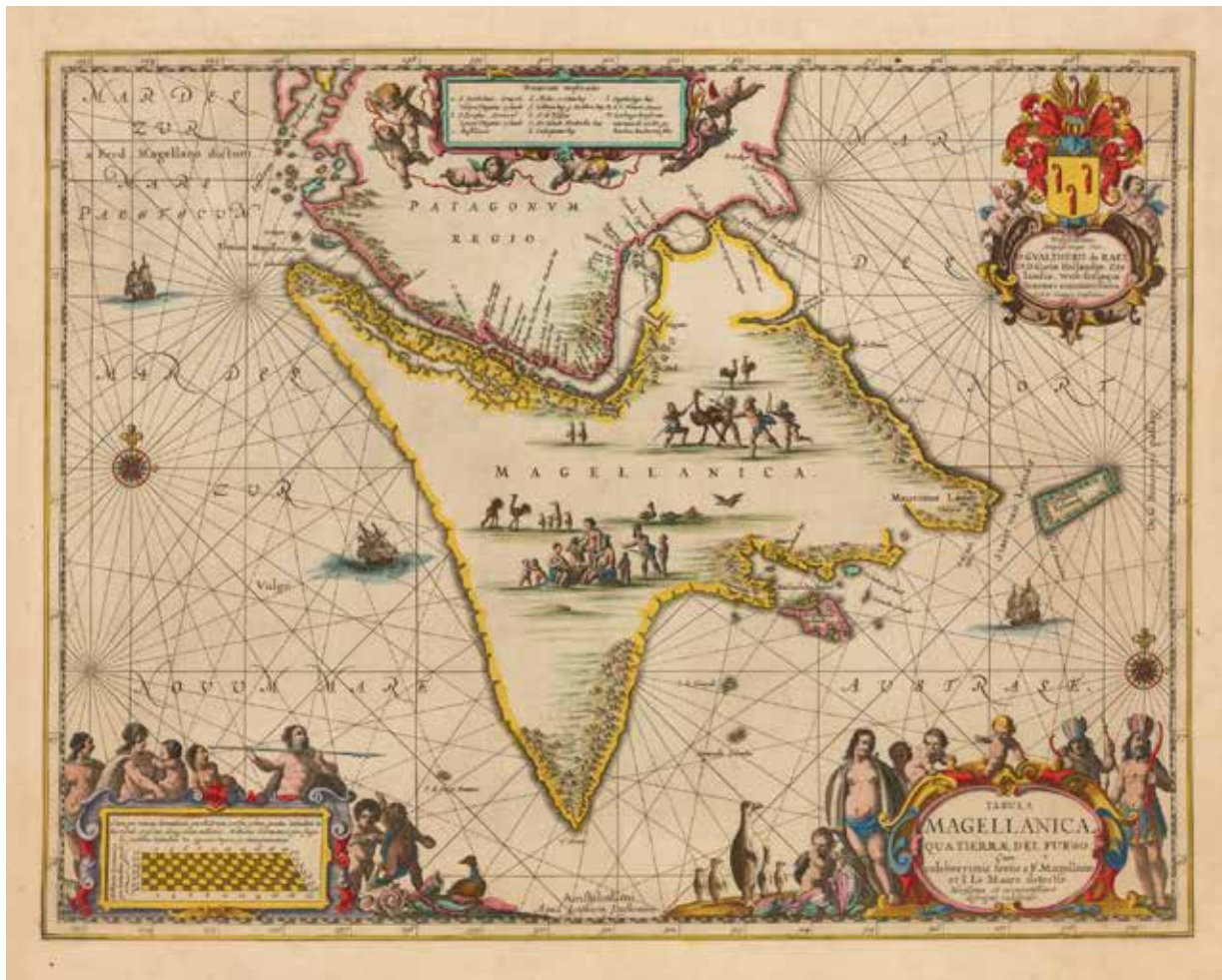
musgos, insectos, en un ensamble que recuerda mucho a los de la isla de Hornos, en el extremo sur de América. Estos fósiles tienen una edad estimada de 14 Ma y su hallazgo casi 10 Ma después del comienzo del enfriamiento final de Antártica y tan cerca del polo, nos obliga a plantearnos preguntas acerca de la persistencia de estos ambientes en la península y las islas Shetlands del Sur, donde las condiciones deben 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 muchos continentes hoy disjuntos.

El continente imaginado

Durante milenios, los filósofos y cartógrafos del mundo imaginaron que debía existir una tierra al sur del mundo. En la Antigua Grecia, por ejemplo, el filósofo Aristóteles postuló que, al ser esférico, el mundo debía también ser simétrico, por lo que lo lógico era esperar que hubiese un contrapeso de los continentes conocidos en el hemisferio norte. A esta tierra hipotética la bautizó en contraposición al mundo del norte, que conocían como Arktos (Tierra de Osos).





Primeros acercamientos

«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)

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

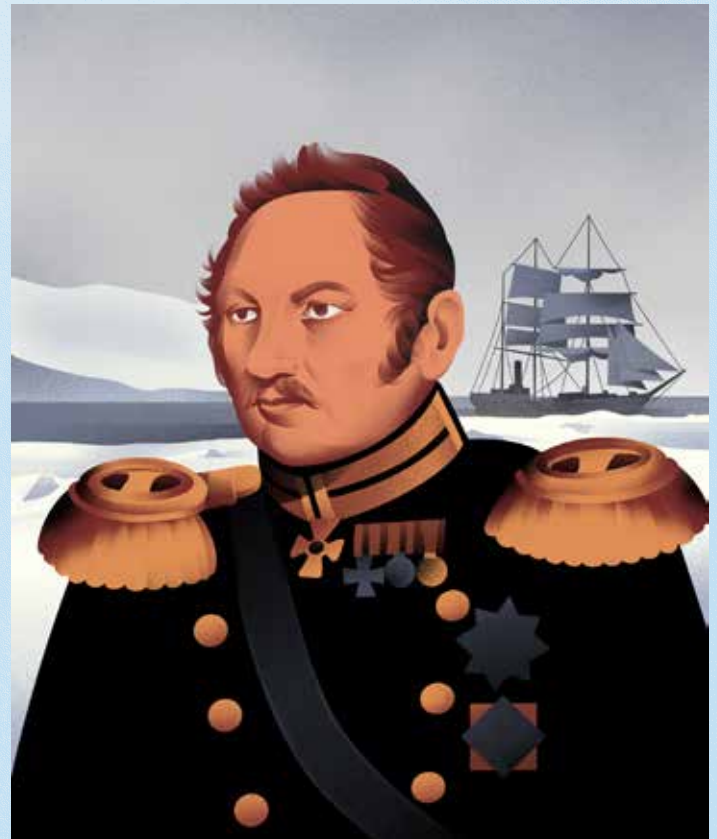
Navegante, explorador y cartógrafo británico. Nació el 7 de noviembre de 1728 en la localidad de Marton, actual Middlesbrough, en Yorkshire, Inglaterra. Los 11 años de navegación de Cook por el océano Pacífico contribuyeron a acrecentar los conocimientos europeos sobre la zona. En 1773 cruzó el Círculo 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 Báltico el 20 de septiembre de 1778, empezó su carrera naval como cadete a los 10 años. En 1820 la flota que dirigía atravesó 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.

Ernest Shackleton

y la aventura del *Endurance*

La odisea del *Endurance* 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

El *Endurance* en la Antártica.

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



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.

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*

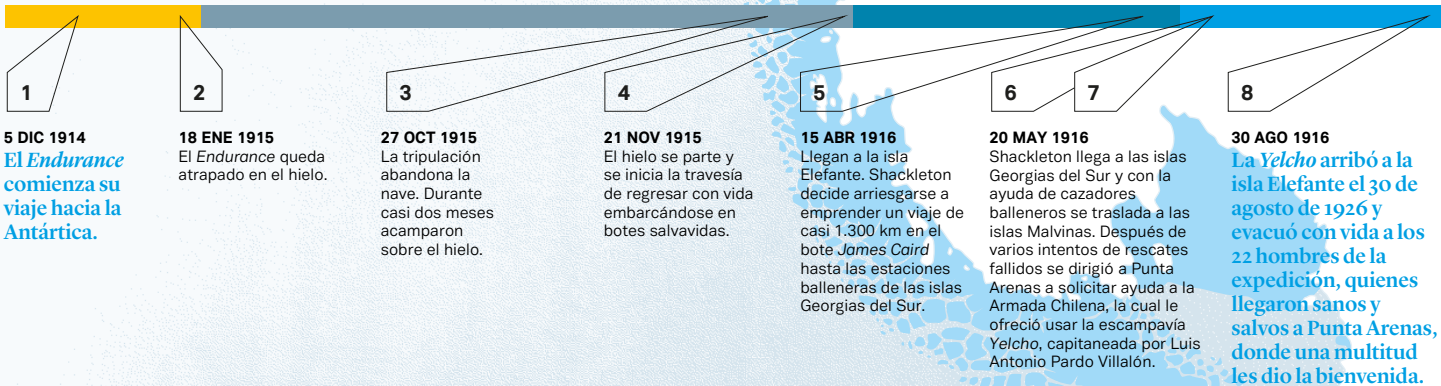
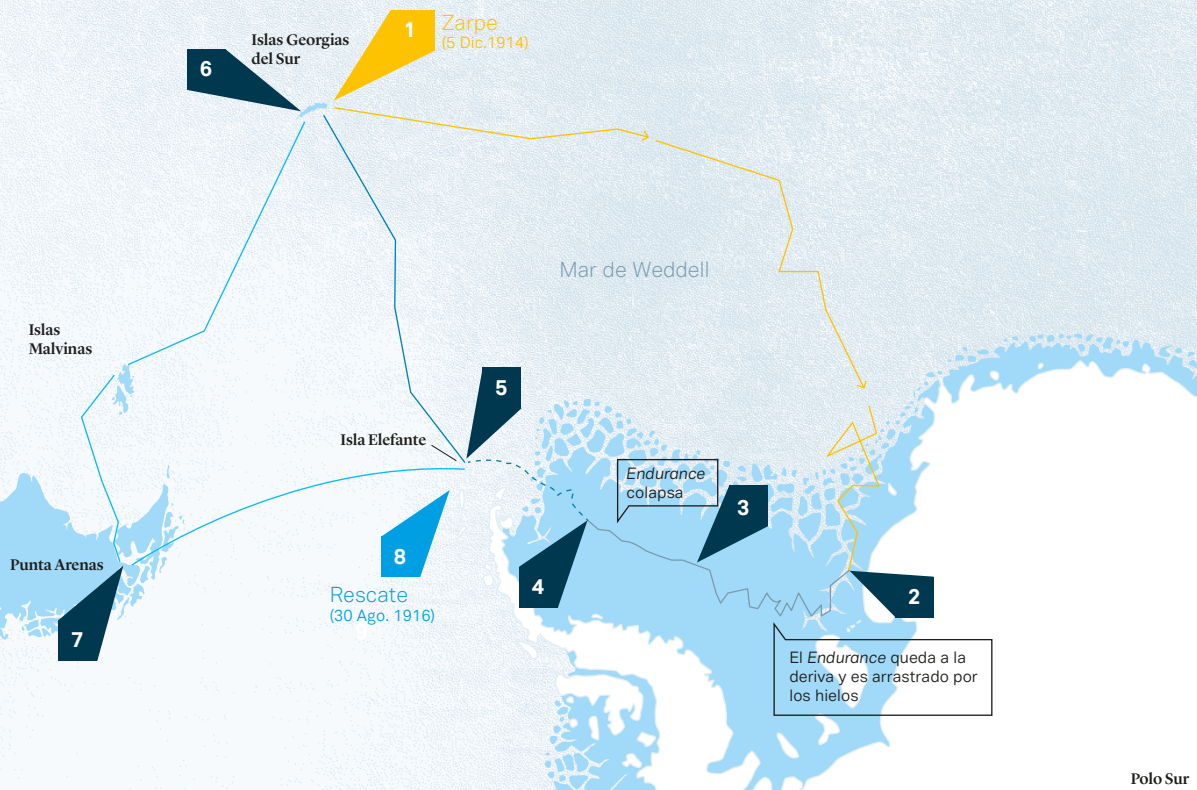


1874 – 1922

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 Georgia 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 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

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 Antártida 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.

ruta abierta por Shackleton y el *Nimrod*, mientras que el noruego debió explorar un nuevo rumbo para llegar a la meta.

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 <http://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 1° 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, exteniente 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-Sikorski, 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 *Pre-sidente 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.

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.

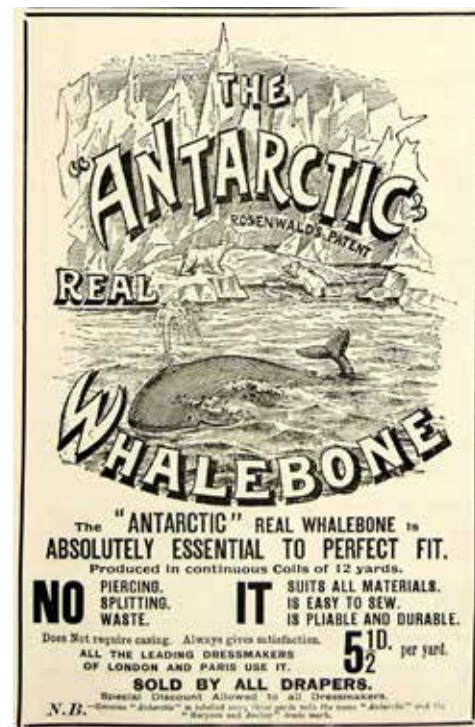
Esta cacería descontrolada llevó al borde de la extinción a especies endémicas de la Antártica, pues solo algunos pocos

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

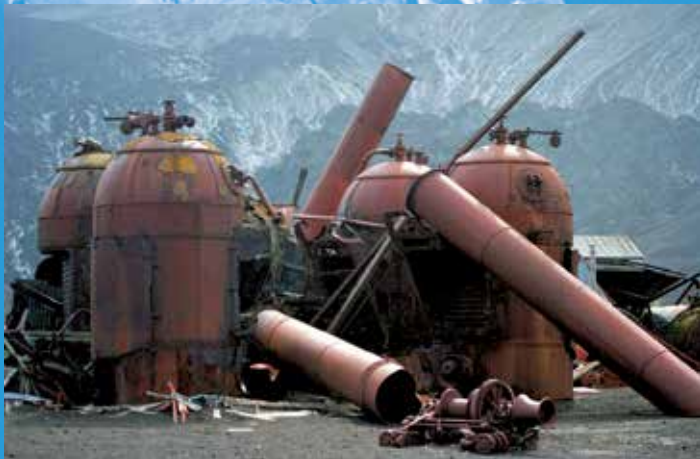
A partir de mediados del siglo XIX, el desarrollo de la tecnología pesquera y las crecientes necesidades de la sociedad industrial permitieron el nacimiento de nuevas empresas con el interés y los recursos necesarios para financiar la caza de cetáceos en aguas subantárticas y antárticas.

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.



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.



A satellite-style map of Antarctica, showing the continent's topography and ice cover. The map is centered on the continent, with the Ross Sea to the west. The terrain is color-coded by elevation, with higher elevations in white and lower elevations in yellow and orange. The Ross Sea is labeled in blue text at the bottom center of the image.

Mar de Ross

¿Cómo será el futuro del continente?

La creación de áreas marinas protegidas es una de las más importantes acciones que la comunidad internacional ha tomado para salvaguardar el equilibrio del continente y conservarlo para las próximas generaciones.

Con el fin de la era de exploración y explotación de sus recursos, los países involucrados con el futuro de la Antártica han reconocido durante el siglo XXI la necesidad de mantener vivo su patrimonio natural y biológico, debido a los peligros que representan el cambio climático, la explotación de sus recursos y la influencia de actividades humanas como el turismo, la investigación y el transporte.

Una de las formas más efectivas para proteger esta delicada zona ha sido la delimitación de áreas marinas protegidas, que incluyen áreas de referencia, áreas abiertas a la pesquería y otras en las que solo puede haber acceso para la pesca de investigación y, por lo tanto, se transforman en lugares enfocados principalmente al desarrollo del conocimiento científico.

Mar de Ross

En octubre de 2016, la Unión Europea y los 24 países miembros de la Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA) aprobaron establecer un área marina protegida que cubre una superficie de 1,57 millones de kilómetros cuadrados en la región del mar de Ross, la más extensa del planeta.

La región del mar de Ross es una zona frágil, en la que se han producido colapsos de plataformas de hielo o retrocesos de glaciación. Además, allí es hábitat de una de las especies más explotadas comercialmente, el bacalao antártico de profundidad, que la designación busca conservar junto a la gran variedad de organismos y ecosistemas marinos.

Su protección durará por un período de 35 años, y es el primer paso en la creación de un sistema representativo de áreas marinas protegidas, al que en el futuro se esperan sumar nuevas zonas en la Antártica Oriental, en el mar de Weddell y en la península Antártica, esta última iniciativa chileno-argentina en el marco de la CCRVMA.

SABER MÁS

- <https://www.ccamlr.org/es/>

IMAGEN: DAVE PAPE. BLUE MARBLE DATA FROM [HTTP://VISIBLEEARTH.NASA.GOV/VIEW_REC.PHP?ID=2433](http://visibleearth.nasa.gov/view_rec.php?id=2433), DOMINIO PÚBLICO, [HTTPS://COMMONS.WIKIMEDIA.ORG/W/INDEX.PHP?CURID=1247252](https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1247252)

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 Siste-

ma 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 internacional, 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 Zelanda
Países Bajos
Perú
* Polonia
* Reino Unido
República Checa
* Sudáfrica
Suecia
Ucrania
Uruguay

Partes no consultivas

EUROPA
Austria
Bielorrusia
Dinamarca
Estonia
Grecia
Hungria
Mónaco
Portugal
República de Eslovaquia
Rumania
Suiza
Turquía
Kazajistán

AMÉRICA
Canadá
Colombia
Cuba
Guatemala
Venezuela

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

* Países firmantes en 1959



Firmado en 1959, el Sistema del Tratado Antártico entró en vigor en 1961. Hoy tiene 53 Estados parte.

Uxolo

Paz (xhosa)

Cy

Agua (kasajo)

Tuyêt

Nieve (vietnamita)

Qhipa pacha

Futuro (quechua)

امرس

Frio (persa)

Futur

Futuro (francés)

Saynis

Ciencia (somali)

Hotz

Frio (euskera)

ةي بون جلا ةي بطقلا ةراقلا

Antártica (árabe)

Frigĭdus

Frio (latín)

Ès

Hielo (javanés)

Suðurskautslandið

Antártica (islandés)

集體協作

Colaboración (cantonés)

Ghiaccio

Hielo (italiano)

Tiri o te Moana

Antártica (maori)

Paani

Agua (hindi fijiano)

Pire

Nieve (mapudungún)

Valge

Blanco (estonio)

Chhullunkhaya

Hielo (aimara)

Colaboración

(español)

Wasser

Agua (alemán)

Snø

Nieve (noruego)

Spî

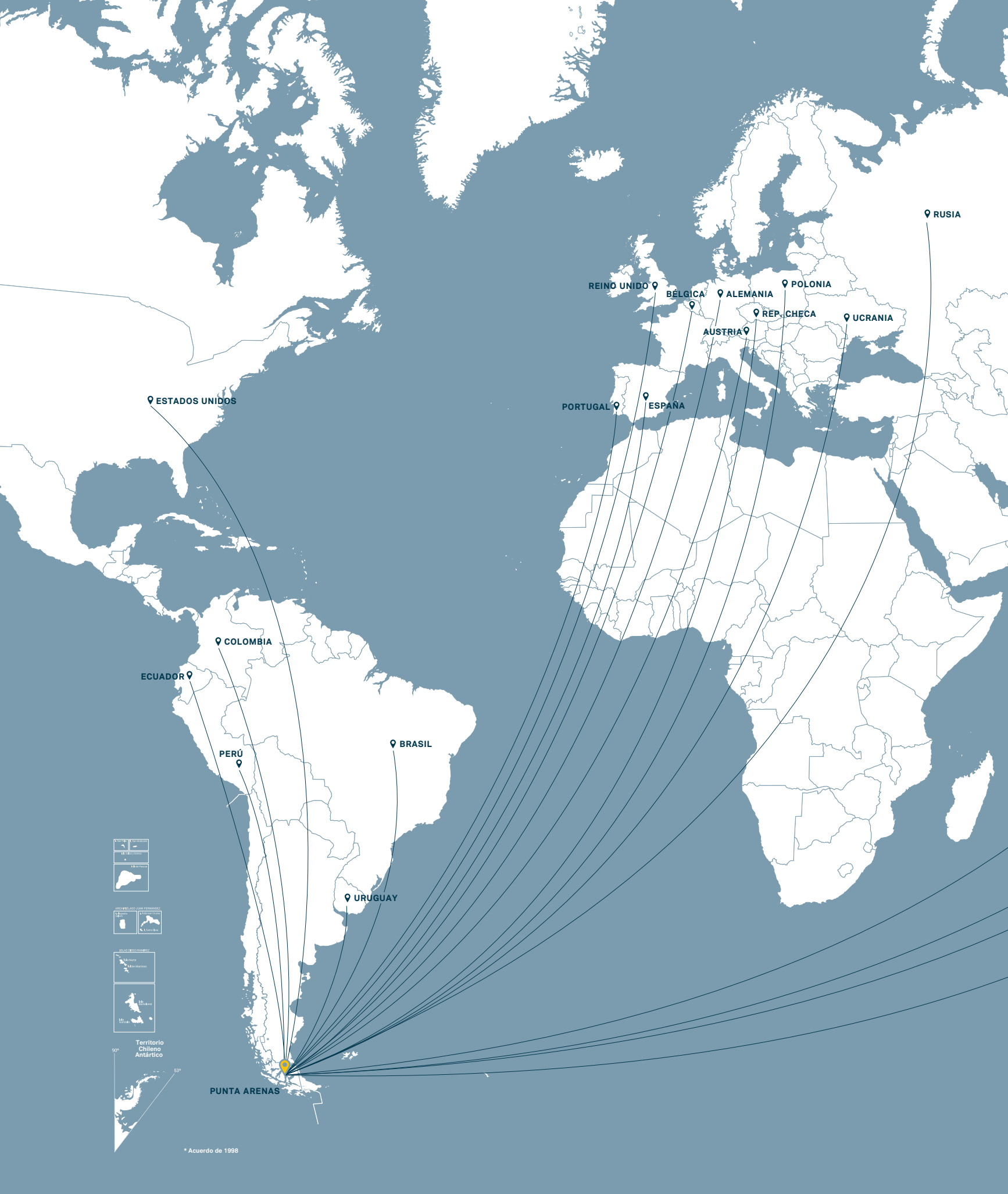
Blanco (kurdo)

Vrede

Paz (neerlandés)

Kar

Nieve (turco)



ESTADOS UNIDOS

COLOMBIA

ECUADOR

PERÚ

BRASIL

URUGUAY

PUNTA ARENAS

PORTUGAL

ESPAÑA

AUSTRIA

REINO UNIDO

BÉLGICA

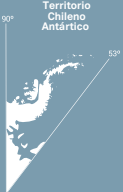
ALEMANIA

POLONIA

REP. CHECA

UCRANIA

RUSIA



* Acuerdo de 1998

Ciencia y paz

En 2014, el Comité Científico para la Investigación Antártica convocó a 75 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.

En la ocasión, se establecieron seis prioridades: definir el alcance global de la atmósfera de la Antártica y el océano Austral; entender cómo, dónde y por qué las capas de hielo pierden masa; revelar la historia de la Antártica; aprender cómo evolucionó y sobrevivió la vida antártica; observar el espacio y el universo, y reconocer y mitigar las influencias humanas.

El descubrimiento del agujero de ozono en la Antártica en los años 80 modificó a escala mundial la forma de comportarse respecto de la emisión de compuestos químicos a la atmósfera. A partir de datos científicos contundentes, la política debió lograr acuerdos como el Protocolo de Montreal, que en 1987 eliminó de manera progresiva el uso y producción de compuestos fluorocarbonados que destruyen la capa de ozono.

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, 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 explosiones 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, los científicos pueden estudiar los gases contenidos en las pequeñas burbujas de aire que, con el tiempo, quedan atrapadas entre varias capas aplastadas de



La microbióloga Pamela Santibáñez, actualmente investigadora del Inach, sostiene una sección de testigo de hielo obtenido en la Antártida Occidental que tiene una edad de 10.800 años aproximadamente.

FOTO: I. VAN COLLER

hielo y finas capas provenientes de enormes explosiones volcánicas y otros fenómenos ambientales. Con ello, los científicos pueden inferir datos como los niveles de caída de nieve en épocas pasadas, las composición química de la atmósfera, las características de la vegetación y, recientemente, los efectos del calentamiento global sobre el continente.

Testigos de sedimento

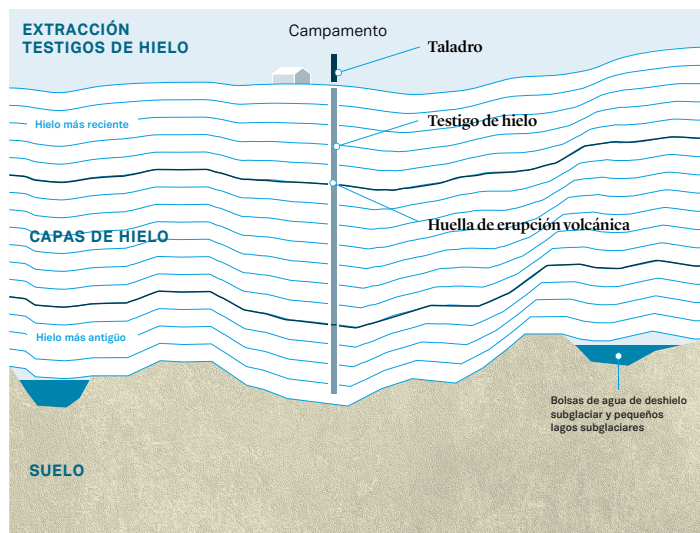
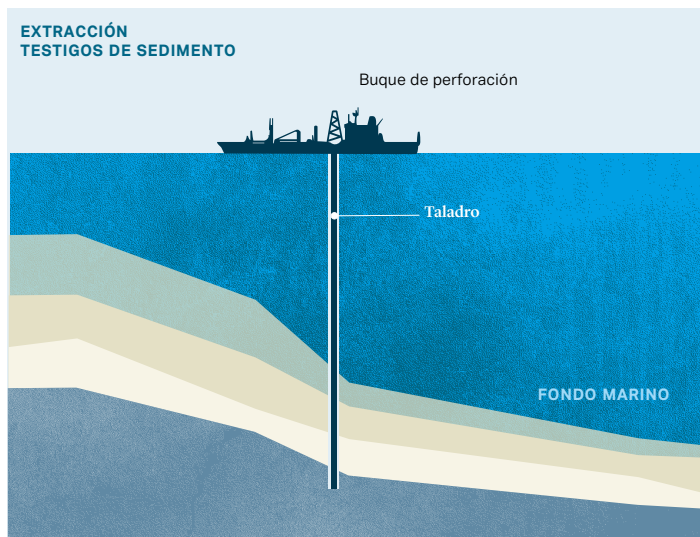
Similares a los testigos de hielo, los testigos de sedimento son exploraciones al interior del fango que se acumula en el fondo del océano Austral, el cual se caracteriza por una zona de alta productividad marina y gran abundancia de fitoplancton (como las diatomeas o microalgas) que construyen sus esqueletos de sílice o vidrio. Cuando los organismos mueren, sus esqueletos quedan enterra-

dos en sedimentos antárticos, los cuales al ser extraídos permiten estudiar el clima y las condiciones oceanográficas de la 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 Paleógeno, 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.

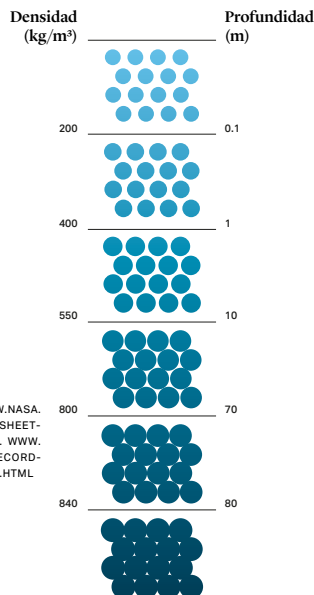
Propiedades de un testigo de hielo



TEMPERATURA, DENSIDAD Y PROFUNDIDAD: ESQUEMA DE DIAGÉNESIS DEL HIELO

La formación de hielo glaciar es un proceso que comienza a partir de la depositación y acumulación de nieve. El tiempo que tarda la nieve en transformarse en hielo dependen 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



Vetas oscuras indican los inviernos

Vetas claras indican los veranos

AEROSOL, ESPECIES QUÍMICAS DISUELTAS

Moléculas de agua, isótopos de hidrógeno y oxígeno del agua sirven como paleotermómetros atmosféricos.

SEDIMENTOS, POLVOS PARTICULAS INSOLUBLES

Los registros de polvo en testigo de hielo nos permiten obtener información acerca del movimiento de las masas de aire si conocemos las fuentes desde donde fueron generadas, como también la intensidad de los vientos los cuales tienen relación al tamaño de la partícula, pero también tenemos información acerca del ciclo hidrológico y la desertificación de áreas. Por ejemplo, durante los periodos glaciares la cantidad de polvo que alcanzó la Antártica es un orden de magnitud mayor a lo que se observa en los periodos interglaciares, lo cual sugiere que los vientos fueron más intensos pero también las zonas desérticas (donde existe polvo y sedimentos disponibles) fueron mayores y con menor cantidad de agua.

ERUPCIONES VOLCÁNICAS PARTICULAS INSOLUBLES Y CENIZAS

Finas capas oscuras de tefra registran los efectos de enormes explosiones volcánicas del pasado, lo que nos permite estudiar eventos ocurridos en distintas partes del mundo.

INVERSIÓN MAGNÉTICA

La llamada inversión magnética de Brunhes-Matuyama, ocurrida hace 780 mil años, hizo que el campo magnético de la Tierra se invirtiera durante milenios. Este fenómeno depositó isótopos radiactivos que podemos encontrar en el hielo.

AIRE EN LA PARTE SUPERIOR, EL AIRE CAPTURADO SE MUEVE LIBREMENTE HASTA QUE QUEDA ENCERRADO EN LAS BURBUJAS DE HIELO.

AIRE EN LENTO AVANCE

En las zonas intermedias, el aire atrapado se mueve lentamente a través del hielo buscando una salida.

AIRE CAPTURADO

Pequeñas burbujas de aire quedan atrapadas entre el hielo, gracias a lo cual encapsulan el aire que en esos años circulaba en el mundo.

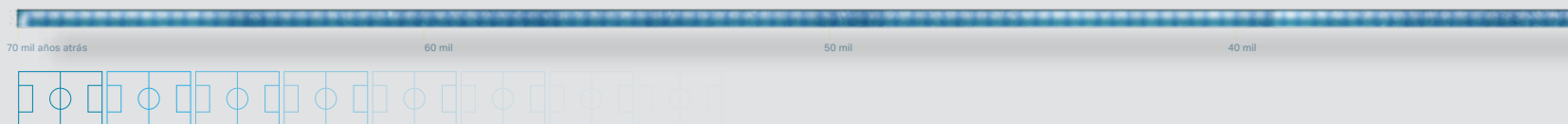
La historia en el hielo

Durante procesos que pueden durar años, diferentes grupos de investigadores 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



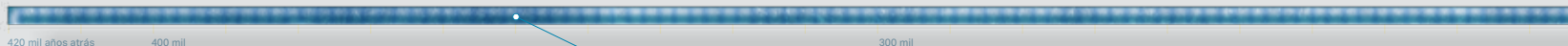
Escala

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.

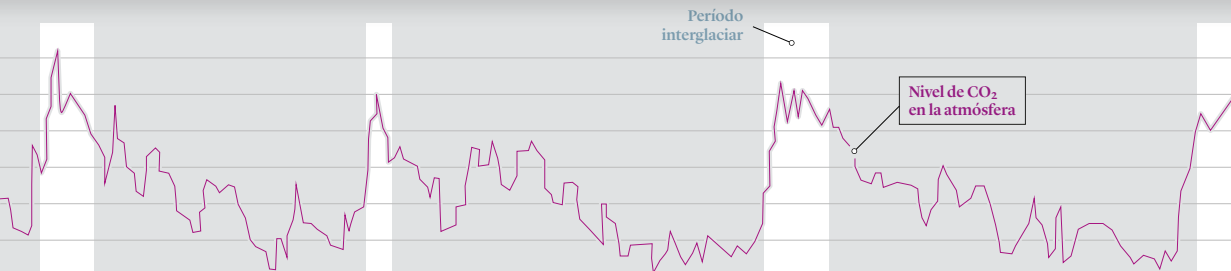
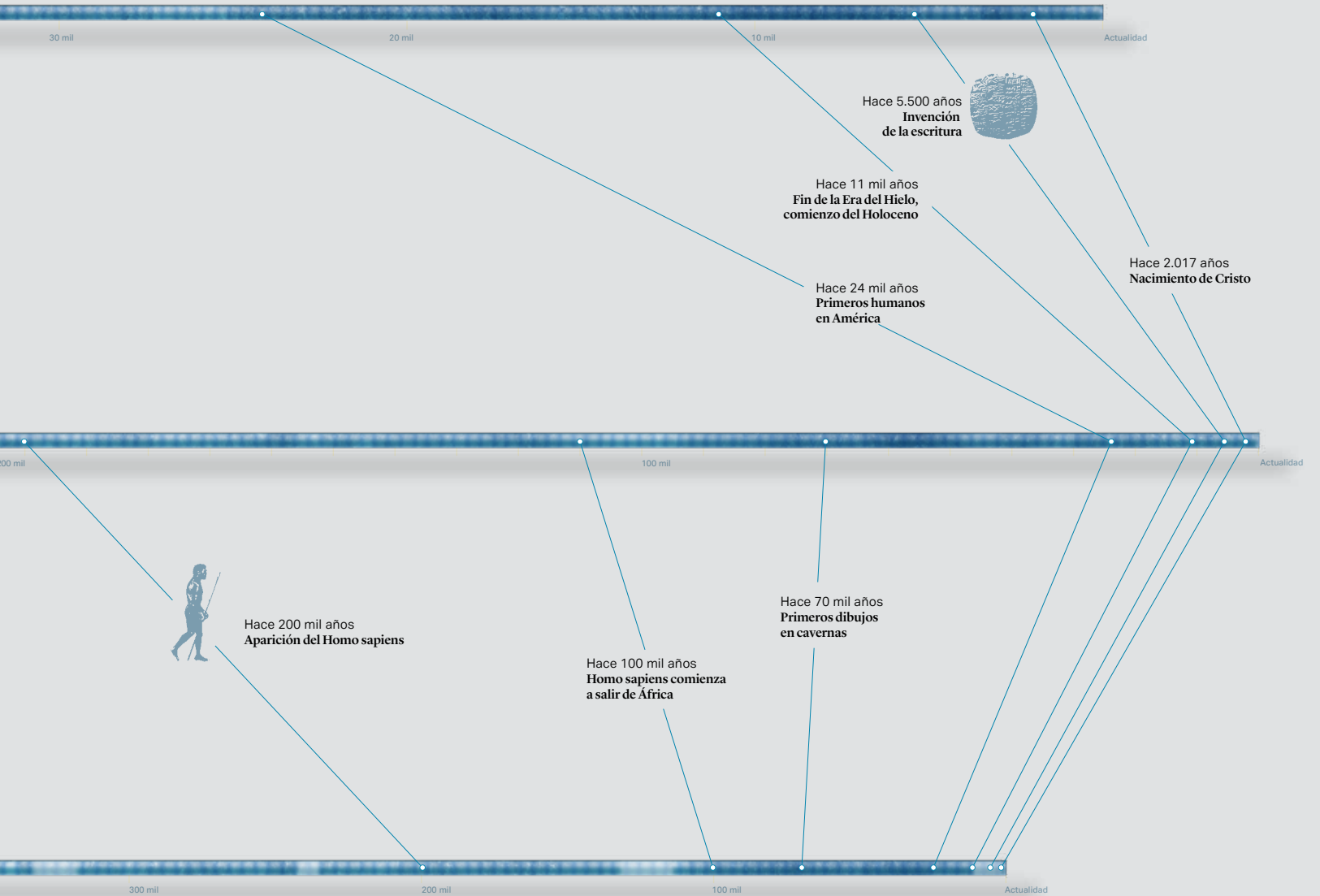
Longitud
3.270 m
Antigüedad alcanzada
800.000 años



Hace 350 mil años
Aparición de
los neandertales




Sitios de extracción



MEDICIONES HISTÓRICAS DE CO₂
En los testigos se puede apreciar la coincidencia entre los períodos glaciares y la baja concentración de este gas invernadero en la atmósfera.

Fuente: Siegenthaler y otros, 2005.



«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 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.

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 del 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.

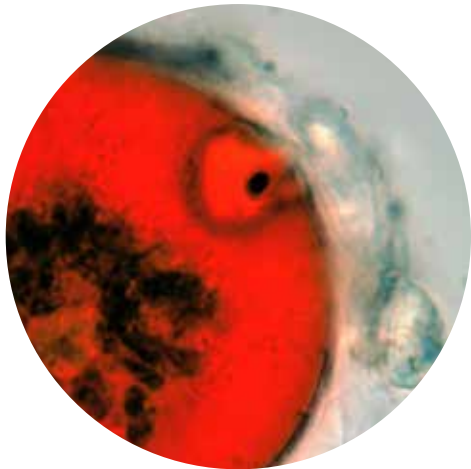


Nanotecnología

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 Procien 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 produciendo atributos particulares al vino.

Líquenes antárticos con potencial para combatir el cáncer y el 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.





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.



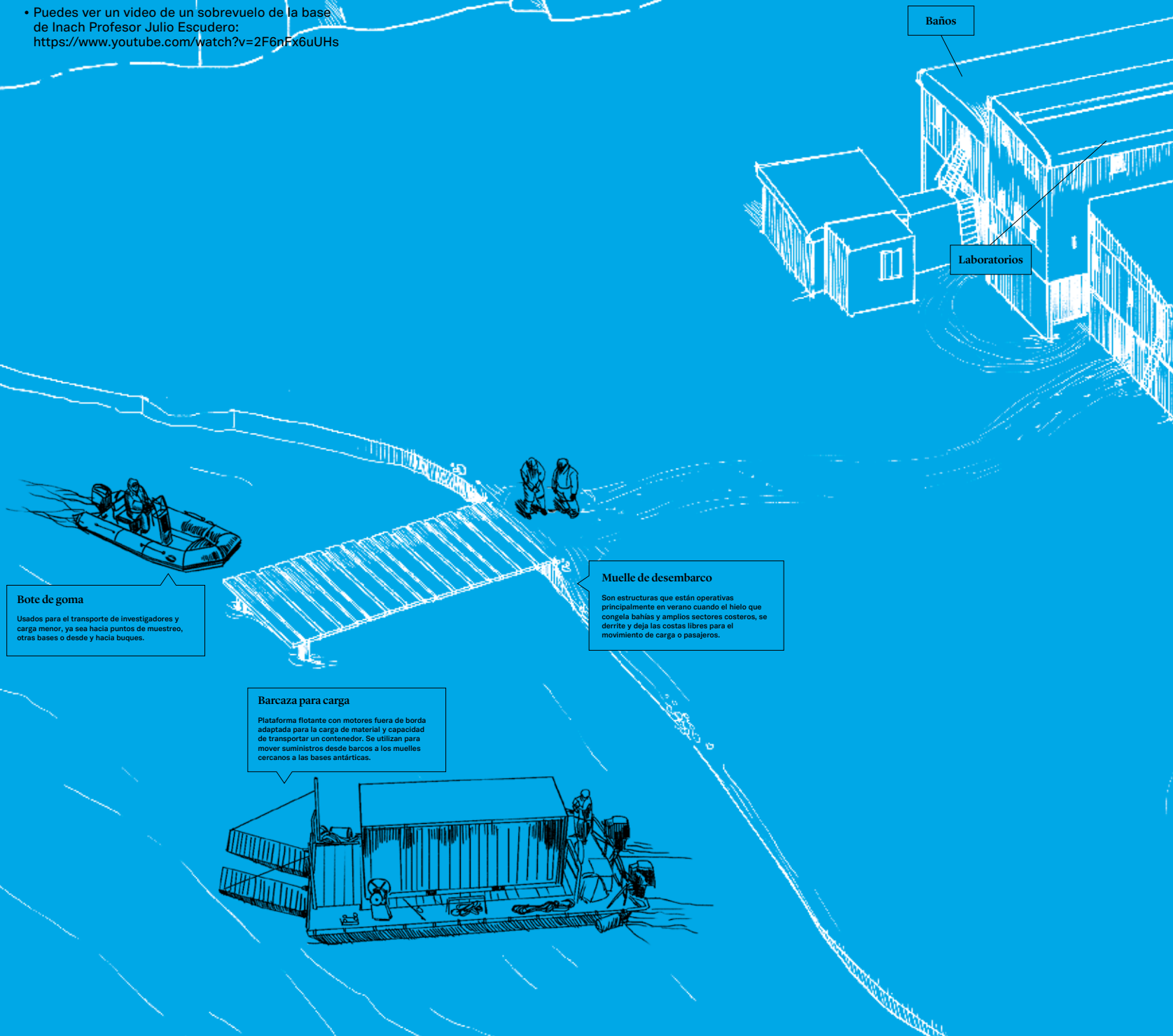
Bases para un mundo helado

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 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.

SABER MÁS

- Puedes ver un video de un sobrevuelo de la base de Inach Profesor Julio Escudero: <https://www.youtube.com/watch?v=2F6nFx6uUHs>



Baños

Laboratorios

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.

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.

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.

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

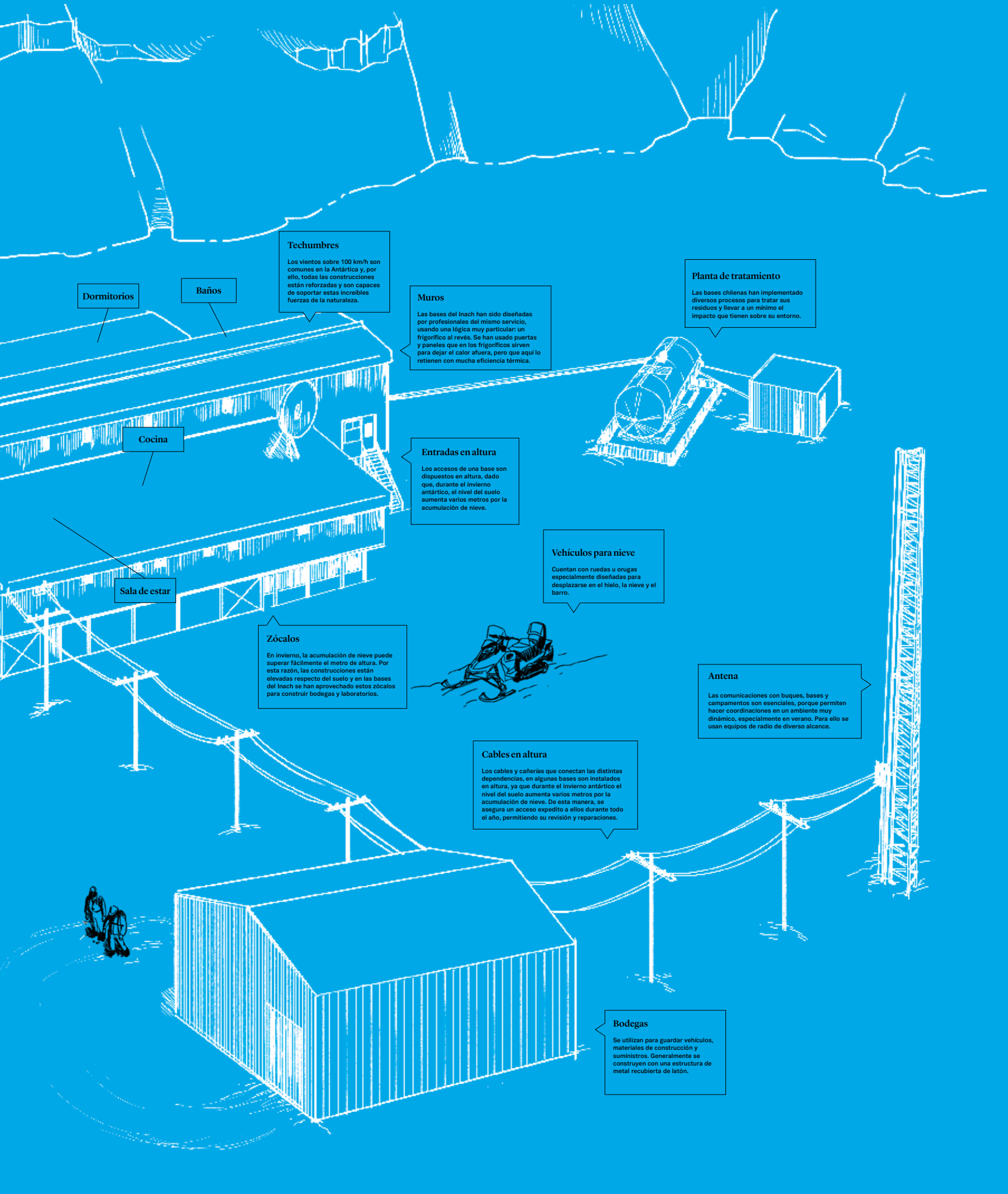
Las comunicaciones con buques, bases y campamentos son esenciales, porque permiten hacer coordinaciones en un ambiente muy dinámico, especialmente en verano. Para ello se usan equipos de radio de diverso alcance.

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.



Vestidos para sobrevivir

Quienes viajan hacia la Antártica deben prepararse para temperaturas que ponen en riesgo la vida humana. Por ello, las claves para sobrevivir son una alimentación adecuada y una vestimenta que logre retener el calor, eliminar la humedad y proteger del viento, la nieve y la lluvia.

Los expertos recomiendan usar tres niveles de ropa que cumplen funciones específicas y trabajan juntas para garantizar la protección y la comodidad de su usuario.

La primera capa está hecha de ropa interior de cuerpo entero, la que mantiene la piel seca y deja escapar la transpiración. La segunda capa es más flexible, suele estar compuesta por diferentes chaquetas y pantalones para cada ocasión, desde el descanso al interior de la base hasta el trabajo en zonas de frío extremo. Finalmente, una tercera capa de ropa gruesa protege del agua, el viento y la nieve.

Además, son indispensables accesorios para las extremidades y apoyos para moverse en la nieve o el accidentado suelo continental.

En la foto, una cordada de exploración en el sector de glaciar Unión, encabezada por el biólogo Jorge Gallardo, Universidad del Bío-Bío.

FOTO: F. TRUEBA / EFE





Raquetas de nieve



Guantes



Primera capa inferior

Mochila técnica



Primera capa superior



Calcetines térmicos



Gorro



Botas

Antiparras



Máscara

Bastón



Ski Randonne



Bufanda



Segunda capa superior



Segunda capa inferior



Traje para climas secos y frío extremo



Tercera capa superior



«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 Obe

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, www.ted.com
- TEDx Punta Arenas



→ PATA!!

MRTA

SLURP

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. Si 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 (PCV), 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).

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.

Chile antártico

Aunque separada hace millones de años por fenómenos geológicos, la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena sigue siendo una unidad en términos naturales, históricos e incluso políticos.

Ya desde la primera expedición de las naves chilenas *Iquique* y *Angamos* en el territorio antártico, a principios de 1947, Punta Arenas y la Región de Magallanes se han consolidado como la puerta de entrada al Continente Helado, además de centro logístico de la ciencia y la exploración antártica, un fenómeno que continúa hasta hoy.

Con la llegada del Inach a la ciudad, además de la instalación de diversos laboratorios, la conexión entre ambas masas de tierra se ha vuelto aún más fuerte, lo que asegura el futuro de la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena como un centro de innovación y exploración.

Además de la investigación que numerosas universidades nacionales realizan en la Antártica, amparadas en el Programa Nacional de Ciencia Antártica, el país cuenta con una robusta institucionalidad polar.

Son cuatro los operadores antárticos de Chile: el Ejército, la Armada y la Fuerza Aérea de Chile, más el Inach.

La Cancillería creó el año 2011 la Dirección de Antártica, responsable de centralizar los asuntos antárticos y planificar la conducción y ejecución de sus aspectos diplomáticos, jurídicos y políticos en conjunto con los organismos nacionales e internacionales pertinentes, cautelando el interés nacional en la conservación y protección de la Antártica y los derechos soberanos de Chile sobre el Territorio Antártico Chileno, sector que se proyecta hasta el Polo Sur, entre los meridianos 53° y 90° de longitud oeste de Greenwich.



Instituto Antártico Chileno

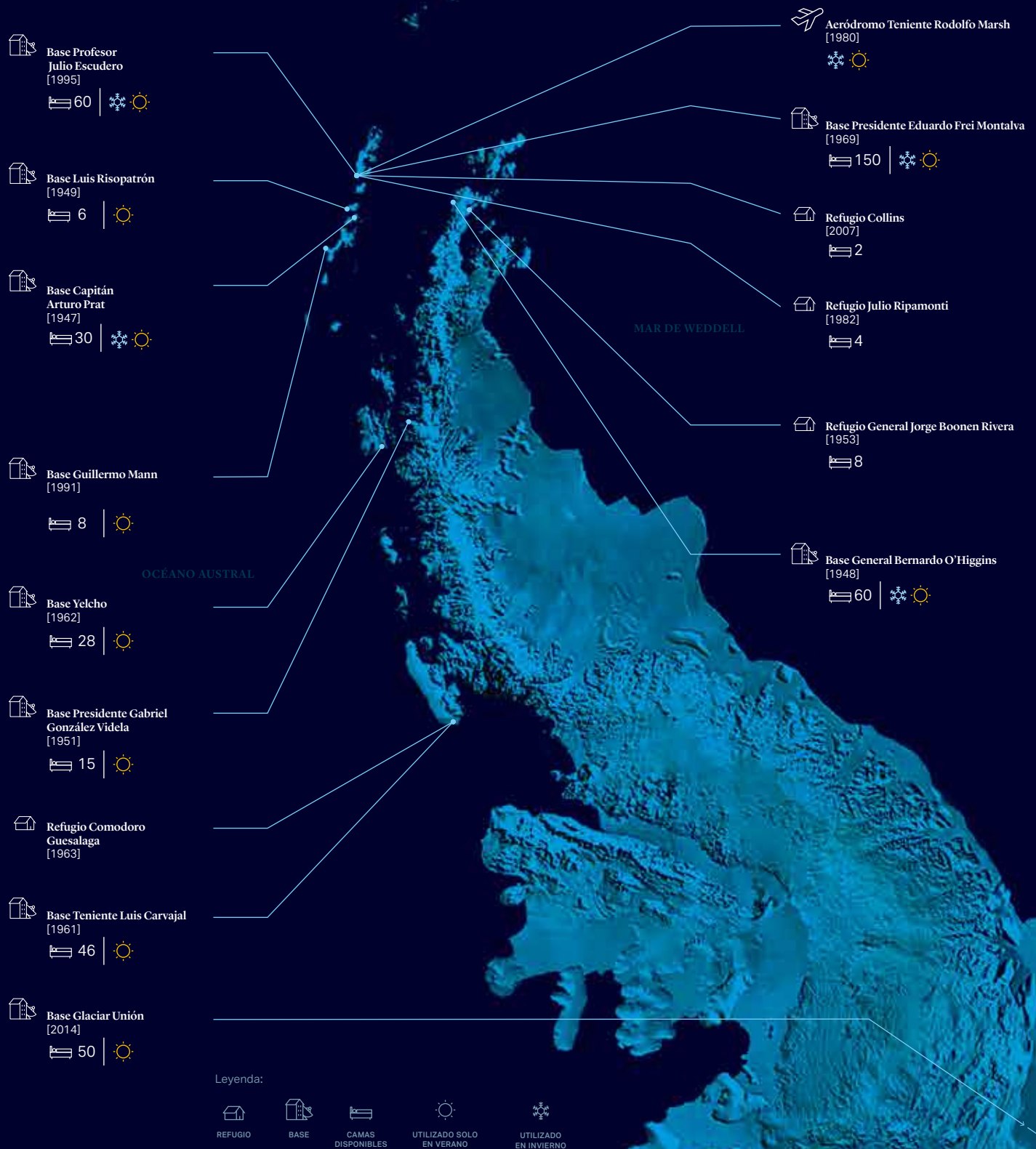
El Instituto Antártico Chileno instaló el año 2003 sus oficinas en el edificio conocido como la Residencia Blanchard, antiguo hogar de Juan Blanchard, cónsul de Francia, directivo de la Sociedad Ballenera de Magallanes. El edificio observa de frente la Plaza de Armas de Punta Arenas, por lo que deja al Inach en el centro de la actividad de la ciudad.



Edificio de Laboratorios Antárticos «Embajador Jorge Berguño Barnes»

Inaugurado en 2011, ha sido desde entonces un lugar para que científicos chilenos y extranjeros desarrollen proyectos de investigación relacionados con la Antártica y Magallanes. En la actualidad, cuenta con laboratorios de paleobiología antártica y patagónica, de microbiología, de biología molecular, de bioquímica, una colección de paleontología y diversas salas de microscopía, sala de conferencias, de congeladores y recientemente acuarios para mantener especies antárticas y subantárticas.

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.



Chile y la Antártica. Hitos de una historia común (1520-2013)



1520. Hernando de Magallanes descubre el estrecho que lleva su nombre.



1555. El rey Carlos V ordena al gobernador de Chile explorar las tierras que hay de la otra parte del estrecho de Magallanes.



1773. James Cook cruza el círculo polar antártico y baja hasta la latitud 67° 15' sur. Llega a las islas Sandwich y Georgia del Sur, donde describe una fauna marina abundante que en las próximas décadas entusiasmará a loberos y balleneros.



1837-1838. Dumont d'Urville realiza importantes estudios científicos en el estrecho de Magallanes, antes de navegar a la Antártica.

1882-1883. Para el Primer Año Polar Internacional se establece en la isla Hoste la Misión Científica Francesa de la Romanche, que despacha desde Punta Arenas 200 cajas de muestras científicas recogidas en la región del cabo de Hornos.



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

1500

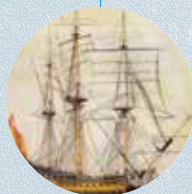
1600

1700

1800



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



1810. Zarpa de Cádiz una flota realista para reforzar el poder de los españoles en Lima. El navío *San Telmo* desaparece con 644 hombres al sur del paso Drake.



1843. Chile funda una colonia en el estrecho de Magallanes con los tripulantes de la goleta *Ancud*, proveniente de Chiloé y liderada por Juan Williams, quienes establecen el Fuerte Bulnes. En 1848, la colonia se traslada 62 km más al norte, naciendo así la ciudad de Punta Arenas.



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.



1820. O'Higgins autoriza una exploración que permite el primer desembarco en la península Antártica.

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



1904. Robert F. Scott vuelve de la Antártica a bordo del *Discovery* y recala en Punta Arenas tras dos años en los hielos.



1940. El presidente Pedro Aguirre Cerda fija el 6 de noviembre los límites del Territorio Chileno Antártico.



1902. El gobierno de Chile concede a Pedro Pablo Benavides el arriendo de las islas Diego Ramírez y San Ildelfonso para la explotación de «toda clase de pesca indefinidamente hacia el sur».



1906. Chile dicta la primera «política antártica» para hacer efectiva su soberanía en las islas y el continente Antártico.



1932-1933. Segundo Año Polar Internacional. Surge una red integrada de observaciones sistemáticas y se crean tres estaciones magnéticas en el hemisferio sur: Punta Arenas, Ciudad del Cabo y Elizabethville.

1900

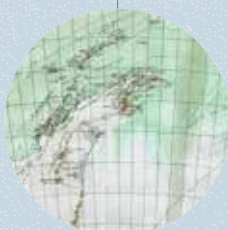
1897. Adrien de Gerlache recala en Punta Arenas con la *Bélgica* en la primera expedición científica antártica, tanto en la ida como en el regreso.



1908. El legendario explorador y científico Jean-Baptiste Charcot zarpa de Punta Arenas en el *Pourquoi-Pas?*



1907. Luis Risopatrón publica un mapa de la Antártica Sudamericana.



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



1939. Dos marinos chilenos, Federico Bonner y Exequiel Rodríguez, son parte de la expedición del almirante Richard Byrd, quien había sido el primero en volar sobre el polo sur, en 1929.





1958. Se forma en La Haya el Comité Científico de Investigaciones Antárticas (SCAR).



1970. Los geólogos Vladimir Covacevich y Carlos Lamperein publican el primer registro fósil de huellas de vertebrados para la Antártica.



1980. El 17 de marzo, la Fuerza Aérea de Chile inaugura el aeródromo Teniente Rodolfo Marsh Martin, en la isla Rey Jorge.

1947. Primera expedición oficial de Chile a la Antártica. Chile inaugura la base «Soberanía» en la isla Greenwich (hoy base «Arturo Prat», 62° 30' sur). El teniente primero Arturo Parodi, al mando de una aeronave Vought Sikorsky, voló por primera vez sobre la Antártica.



1951. El 12 de marzo se inaugura la base Gabriel González Videla (64° 49' sur), primera base antártica de la Fuerza Aérea de Chile, cuyo propósito fue impulsar y concentrar la actividad científica relacionada con la meteorología, oceanografía y glaciología.



1965. El presidente Eduardo Frei Montalva declara efeméride oficial el 6 de noviembre como «Día de la Antártica Chilena».



1967. Una erupción volcánica en la isla Decepción destruye la base «Pedro Aguirre Cerda», además de las bases argentina y británica.



1987. El 5 de enero, la Armada de Chile inaugura la estación marítima Bahía Fildes.

1900



1948. El presidente Gabriel González Videla inaugura la base O'Higgins y se convierte en el primer jefe de Estado en llegar al Continente Blanco. Esta base es administrada por el Ejército de Chile.



1956. Chile y Punta Arenas son pioneros en el turismo antártico. Un avión de LAN sobrevoló el Continente Blanco con un grupo de turistas y el primer crucero turístico zarpó con 84 pasajeros a bordo de la motonave *Navarino*, de Empresar.



1963. Se crea el Instituto Antártico Chileno (Inach) bajo la dependencia del Ministerio de Relaciones Exteriores.

1964. El Inach ejecuta su primera expedición antártica.



1984. El 9 de abril se inaugura villa Las Estrellas, ubicada en la isla Rey Jorge junto a la base aérea Eduardo Frei. El 21 de noviembre nace el primer ciudadano chileno en el territorio antártico, Juan Pablo Camacho Martínez.



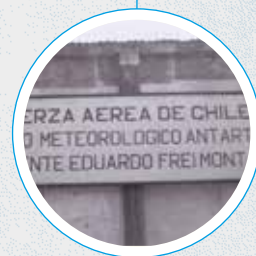
1955. Es inaugurada la base aérea Pedro Aguirre Cerda en la isla Decepción. El 28 de diciembre se efectúa el primer crucero directo desde Punta Arenas en el hidroavión *Skúa*, el que amarizó en un sector aledaño a la isla.



1957-1958. La Antártica se convierte en un laboratorio científico durante el Año Geofísico Internacional (AGI), con más de 60 grupos internacionales estudiando el territorio. El general Ramón Cañas Montalva y el diplomático Óscar Pinochet de la Barra representan a Chile en el Comité Especial del AGI.

1969. Tras la destrucción de la base Pedro Aguirre Cerda, el 7 de marzo se inaugura el Centro Meteorológico Presidente Eduardo Frei Montalva en la isla Rey Jorge, que actualmente cumple labores como base aérea.

1984-1985. La Fuerza Aérea de Chile realiza la operación «Estrella Polar», en la que Chile llega por primera vez al polo sur.





1989. El explorador Alejandro Contreras se convierte en el primer chileno en llegar a pie al polo sur.



2004. Antártica ciudadana. El Inach organiza un innovador programa formado por la Feria Antártica Escolar (FAE) y la Expedición Antártica Escolar (EAE), que incentiva la vocación científica polar entre los jóvenes, siendo único en su clase a nivel mundial.



2017. El Inach organiza la mayor expedición científica que Chile haya realizado en el Continente Blanco, con más de 50 proyectos en terreno y más de 250 investigadores desplazándose en numerosos puntos de la Antártica marítima y continental.

1991. Producto de una cooperación chileno-alemana, a través del Inach y la Agencia Alemana Aeroespacial (DLR), se instala la Estación GARS (German Chilean Antarctic Receiving Station) localizada junto a la base Bernardo O'Higgins. Es la segunda de este tipo en la Antártica.



2007. En alianza con la Fundación Biociencia, Swisssastral Chile Ltda. y Vitrogen S. A., el Inach obtiene por primera vez financiamiento del programa Innova para iniciar estudios en biorrecursos en el Territorio Chileno Antártico. Comienza una nueva etapa de la ciencia polar nacional.



2014. Se inaugura la Estación Polar Científica Conjunta Glaciar Unión, a 1.000 km del polo sur.

1991. El 4 de octubre, en Madrid, se firma el Protocolo al Tratado Antártico sobre Protección del Medio Ambiente. Entró en vigor en 1998 y designa a la Antártica como una «reserva natural dedicada a la paz y a la ciencia».

La Presidenta Michelle Bachelet anuncia el diseño y construcción del Centro Antártico Internacional en Punta Arenas.

2000



1995. El Inach abre la base científica Profesor Julio Escudero, en la península Fildes, isla Rey Jorge. La base es nombrada en honor al jurista que fijó los límites del Territorio Chileno Antártico y fue construida con fondos del Gobierno Regional de Magallanes.

Un grupo de investigadores enviado por el Inach evalúa la instalación de una base en Patriot Hills. En 1999, se le denominó oficialmente «Antonio Huneeus Gana». Chile será el segundo país después de EE.UU. en operar sobre los 80° de latitud sur.

2003. El Inach traslada su sede nacional a Punta Arenas.



2000. Mediante el Decreto Supremo N° 429 del Ministerio de Relaciones Exteriores, Chile aprueba su Política Antártica Nacional.

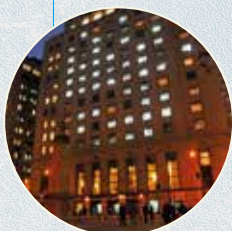
2010. Durante el verano, se realiza la Expedición Científica Antártica del Bicentenario, la más grande hasta esa fecha en la historia de Chile, con una participación de 72 investigadores en terreno y 43 proyectos. Simultáneamente, esta expedición también rompe el récord de mujeres investigadoras participantes, con un total de 29.

2011. En la base Profesor Julio Escudero, el 2 de febrero, se firma la orden de servicio que formaliza la creación de la Dirección de Antártica, dependiente de la Cancillería, que tendrá a su cargo la conducción de la Política Antártica Nacional.

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



2012. El estudio «Leadership in politics and science within the Antarctic Treaty» ubica a Chile en el segundo lugar entre los países más influyentes en el Sistema Antártico por el número de publicaciones políticas y científicas presentadas en el período 1992-2010, de acuerdo al PIB.



Asumiendo la vocación antártica de Chile



El apoyo logístico en zonas de clima extremo, como el glaciar Unión, con temperaturas muy por debajo de los 0 °C y con frecuentes vientos de altísima intensidad, es fundamental para alcanzar los objetivos del trabajo científico en terreno. En la foto, el Ing. Pablo Espinoza, del grupo de apoyo logístico del Inach.

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 el 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, según señaló el entonces director del Inach, Dr. José Retamales, 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 de 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. Según estimaciones del Instituto, la ciencia y la logística antárticas han generado un aporte cercano a los 21.000 millones de pesos al Producto Interno Bruto regional en la última temporada. Si a ello se suman los sectores turístico y pesquero, el aporte global antártico llega a los 43.000 millones de pesos.



Iniciativas científicas

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 seis líneas de investigación vinculados 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.

Ciencias de la Tierra y astronómicas:

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.

Microbiología, biología molecular y biotecnología antártica:

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

Medioambiente antártico:

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.



Comunicación y educación

Desde su fundación, el Inach ha desarrollado un importante trabajo de difusión del trabajo desarrollado por investigadores de distintas áreas de la ciencia polar, desde la historia de la relación humana con el continente hasta los últimos descubrimientos en biotecnología, ciencias del clima o geología, por nombrar algunas.

Desde 1981, el Inach ha publicado más de 70 números del Boletín Antártico Chileno, conocido como Bach, junto con los programas de Procién y publicaciones en inglés, como la revista Ilaia. Además, el Inach ha publicado material para visitantes a la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, como la guía bilingüe Huellas

Antárticas de Punta Arenas y el estrecho de Magallanes, que ayudan a acercar a la ciudadanía a la importancia de la región en el pasado y el futuro del país.

Por último, el Instituto ha mantenido un constante diálogo y acercamiento con la ciudadanía a través de proyectos educativos, artísticos y culturales con diversas comunidades, colegios e interesados en las temáticas relacionadas con el Continente Blanco. A través de talleres, capacitaciones, exhibiciones, concursos, ferias y todo tipo de actividades, el Inach ha traído a la Antártica a la población chilena de todas las edades.

El Inach mantiene un constante diálogo y acercamiento con la ciudadanía.

La nueva casa para la tribu antártica

Con una inauguración proyectada para el año 2022 en la ciudad de Punta Arenas, el CAI será 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.

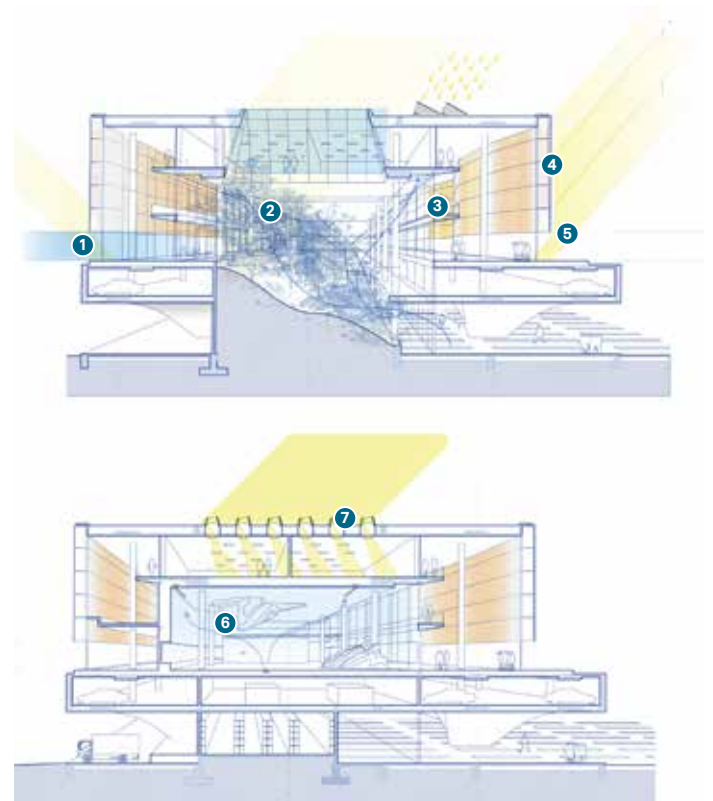
En abril del año 2017, el Estado de Chile abrió a concurso público el diseño del Centro Antártico Internacional, un espacio dedicado a la cooperación regional, nacional e internacional para el desarrollo de la ciencia y la cultura.

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 ofrecerá laboratorios y logística para atender a 500 científicos al año. Además, tendrá 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.

El edificio tendrá una superficie aproximada de 19 mil metros cuadrados y se proyecta que su construcción demande una inversión del orden de 35 mil millones de pesos. El proceso de construcción se realizará entre 2019 y 2021, de manera que el CAI abrirá sus puertas a partir del año 2022. Estará ubicado en un terreno de 2,3 hectáreas en el sector de Punta Arenosa (extremo nororiente de Punta Arenas), lugar bien conectado con el centro de la ciudad, el aeropuerto y los puertos.



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.

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

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



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 de todo el mundo para esbozar las principales prioridades para la investigación en el Continente Blanco por los próximos 20 años y más.



FOTO: F. TRUEBA / EFE

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 partir de votaciones, discusiones y debates.

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



PARA SABER MÁS

- <https://www.scar.org/about-us/horizon-scan/overview/> (en inglés)

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 los cambios 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 las pesquerías existentes y futuras del océano Austral, especialmente las poblaciones de kril?

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.

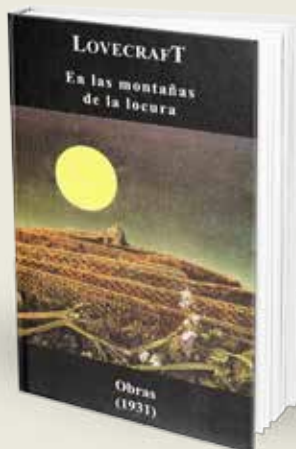
Libros



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 el 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 que cuentan sus experiencias con el continente y algunos de los descubrimientos que allí han realizado.



Este libro se terminó de imprimir en los talleres de imprenta Ograma en enero de 2018.

Se tiraron 1.000 ejemplares impresos en papel Bond 106 g en el interior y en couché 300 g para las tapas.

Autorizada su circulación por Resolución N° 09 del 17 de enero de 2018, 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 N°83 de 1979 del Ministerio de Relaciones Exteriores.

Fuentes consultadas

- Instituto Antártico Chileno: <https://www.inach.cl/>
- Revistas Boletín Antártico Chileno, Advances in Chilean Antarctic Science y Procién, Inach: <http://www.inach.cl/>
- Huellas Antárticas, Inach: <http://www.inach.cl/circuitoantartico/>
- Agencia Espacial Europea: <http://www.esa.int/>
- Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos: <http://www.noaa.gov/>
- British Antarctic Survey: <https://www.bas.ac.uk/>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático: <https://www.ipcc.ch/>
- National Science Foundation: <https://www.nsf.gov/>
- Organización Meteorológica Mundial: <https://public.wmo.int/es>
- Secretaría del Tratado Antártico: <http://www.ats.aq/>

Agradecemos a David Lufi (Andesgear)



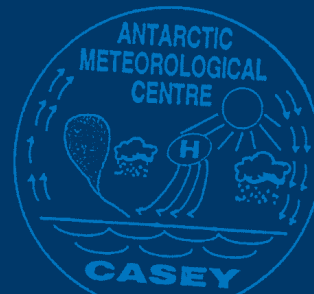
Port Lockroy
Antarctica
64°49'S, 63°29'W



BASE ESPERANZA
33° 24' S - 57° 00' W



0411XAD ANTARCTICA



Este libro está escrito como un manual de instrucciones para comprender mejor el cruce de sentidos que la vida, el tiempo y el entorno han tejido en la Antártica, en un territorio que ha experimentado gigantescas transformaciones, guardando en su piel de hielos la historia de la Tierra.

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.



www.inach.cl

NEGROEDITORES

ISBN: 978-956-7046-12-6

